ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Année 1962 N° 7

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA VASCULARISATION INTERNE DU FÉMUR DU CHIEN

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ETAT

présentée et soutenue publiquement en Février 1962

devant la

Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

PAR

PAROUTI JEAN-PIERRE

Né le 12 Juillet 1937 à Saint-Léonard-de-Noblat (Hte-Vienne)

JURY { *President :* M. LAZORTHES, Doyen de la Faculté de Médecine
Assesseurs : MM. PUGET, Professeur à l'Ecole Vétérinaire
BLIN, Professeur à l'Ecole Vétérinaire

TOULOUSE

IMPRIMERIE MODERNE

22, rue Sainte-Ursule, 22

—

1962

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

	MM.
Directeur	PONS
Professeur honoraire	LASSERRE

PERSONNEL ENSEIGNANT
PROFESSEURS

Physique et Chimie Biologique	GODFRAIN
Pharmacie - Toxicologie	—
Hygiène du Lait	—
Anatomie descriptive - Extérieur	BLIN.
Anatomie appliquée	—
Physiologie et Thérapeutique	LE BARS
Pharmacodynamie	—
Histologie - Embryologie	LOMBARD
Anatomie Pathologique	—
Inspection des viandes	—
Zoologie appliquée	BRIZARD
Parasitologie Externe	—
Parasitologie Interne	—
Pathologie médicale des équidés et carnivores	DARRASPEN
Législation vétérinaire	—
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	TOURNUT
Technique chirurgicale	PUGET
Pathologie chirurgicale	—
Pathologie de la reproduction	BERTHELON
Obstétrique	—
Microbiologie - Immunologie	SAURAT
Maladies contagieuses	—
Police sanitaire	—
Ethnologie	PONS
Hygiène	—
Zootechnie	—
Economie rurale	—
Alimentation	FALIU
Botanique	—
Agronomie	—

CHEFS DE TRAVAUX

Maladies contagieuses	LAUTIE, agrège
Pathologie médicale - Législation vétérinaire	LESCURE, Agrégé.
Anatomie Pathologique	GOULARD
Pathologie chirurgicale	CAZIEUX
Pathologie de la Reproduction	ROYAL
Chimie	MILHAUD

COURS COMPLEMENTAIRE
CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Radiologie	AUVERGNAT
Droit Vétérinaire	LINON
Botanique	MORQUER
Pisciculture	SECONDAT
Agronomie	BRISEBOIS
Economie rurale	MONTANE de la ROQUE

ASSISTANTS

Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour	LACAZE.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Année 1962 N° 7

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA VASCULARISATION INTERNE DU FÉMUR DU CHIEN

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ETAT

présentée et soutenue publiquement en Février 1962

devant la

Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

PAR

PAROUTI JEAN-PIERRE

Né le 12 Juillet 1937 à Saint-Léonard-de-Noblat (Hte-Vienne)

JURY { *President :* M. LAZORTHES, Doyen de la Faculté de Médecine
Assesseurs : MM. PUGET, Professeur à l'Ecole Vétérinaire
BLIN, Professeur à l'Ecole Vétérinaire

TOULOUSE

IMPRIMERIE MODERNE

22, rue Sainte-Ursule, 22

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546525_0086

A Monsieur le Professeur LAZORTHES

Doyen de la Faculté de Médecine de Toulouse

Pour avoir bien voulu accepter de nous faire l'honneur de présider notre Jury de Thèse.

Qu'il trouve ici l'expression de nos hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur P. C. BLIN

Professeur d'Anatomie à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui a toujours su par l'intérêt porté à notre travail nous encourager et nous conseiller efficacement.

A Monsieur le Professeur E. PUGET

Pour l'honneur et la joie que nous avons de le compter dans notre Jury de Thèse.

A TOUS MES MAITRES DE L'ECOLE VETERINAIRE
DE TOULOUSE

A Monsieur le Professeur R. BARONE

Qui nous suggera l'idée de ce travail.

A MES PARENTS

Gage de ma profonde affection.

INTRODUCTION

Les os durs et résistants d'apparrence pierreuse sont de véritables leviers inertes...

A. CHAUVEAU, 1890.

La vitalité de l'os a été longtemps un aspect méconnu de l'anatomie.

Il a fallu le concours de l'histologie, la contribution de la clinique humaine et animale, l'étude du métabolisme calcique en physiologie pour montrer combien le tissu osseux est loin d'être un tissu inerte.

D'importantes monographies ont mis l'accent sur l'étonnante faculté qu'a l'os de se renouveler en permanence. Mais pour expliquer cette vie de l'os il était nécessaire de connaître son système nourricier, si important pour son développement et son maintien. Tant que la connaissance de la vascularisation de l'os n'a pas été précisée, les manifestations vasculaires intimes du tissu osseux, normales et pathologiques, sont restées dans l'ombre de l'hypothèse.

Voilà pourquoi, l'étude des fins vaisseaux du tissu osseux a devancé pratiquement l'étude des vaisseaux macroscopiques de l'os.

Mais le lien entre ces deux groupes de vaisseaux n'avait pas été précisé.

De nombreux travaux y ont été consacrés au cours des dix dernières années chez l'Homme et dans diverses espèces.

Nous avons tenté, sur le fémur du Chien de montrer l'importance de l'apport vasculaire, d'en saisir l'origine, le trajet, le mode de ramescence.

Le plan de notre travail est le suivant :

— Protocole d'étude : matériel et méthodes.
— Les orifices vasculaires du fémur.
— La vascularisation artérielle de la région crurale
— Le système vasculaire nourricier du fémur : trajet extra-osseux.
— Le système vasculaire nourricier du fémur : trajet intra-osseux.
— Mise en place d'un schéma général de la vascularisation du fémur.
— Etude critique sur la vascularisation de l'os : essai de synthèse.

Le plan étant esquissé, qu'il nous soit permis de remercier M. le Professeur BLIN pour ses conseils éclairés dans la rédaction de ce travail et pour son aide dans la recherche bibliographique; MM. M. BROOKES de la Guy's Hospital Medical School, Londres ; DE MARNEFFE, de la Faculté de Médecine, Bruxelles ; HERT de la Faculté de Médecine, Plezn ; MÜSSBICHLER, de l'Hôpital de Falun et TRUETA de l'Université d'Oxford, qui nous ont aimablement fourni leurs récents travaux.

Nous n'oublions pas aussi l'équipe des élèves de laboratoire de l'Ecole Vétérinaire qui nous a permis de parfaire l'illustration.

PROTOCOLE D'ETUDE

MATERIEL ET METHODE

I. — MATERIEL :

Pour réaliser les injections intra-vasculaires de plâtre coloré et de substances radio-opaques, nous avons employé des seringues ordinaires en nylon d'une capacité de 10 à 20 ml. Les canules sont des aiguilles de calibre variable, de 5/10 à 10/10 de mm., suivant l'importance des vaisseaux considérés. Apres quelques essais, les aiguilles non éboutées se sont avérées les plus commodes à mettre en place.

Le matériel de dissection, outre les instruments usuels, comprend en plus des pinces hémostatiques et du fil de lin pour ligatures.

La masse d'injection est préparée à partir — de plâtre fin, additionné de bleu de méthylene en quantité suffisante pour colorer nettement le mélange ;

— de Vasurix (1) ;

— de Diodone (2) ;

— de sulfate de baryum finement broyé.

Le matériel d'étude comprend :

1) Quelques membres postérieurs de Chiens prélevés à la salle d'autopsie immédiatement après la mort ; tantôt le train postérieur complet est séparé en avant de la division terminale de l'aorte, suivant une coupe segmen-

(1) Le Vasurix est une substance radio-opaque (Laboratoires A. Guebet). C'est l'acétylamino-3 triiodo-2-4-6 benzoate de N. méthylglucamine.

(2) La Diodone, fabriquée par les mêmes laboratoires, est la 3-5 di-iodo 4 pyridone N acétate de di-éthanolamine.

tale du corps passant entre la quatrième et la cinquième vertèbre lombaire ; tantôt le membre postérieur est prélevé seul, l'artère iliaque externe étant sectionnée avant sa terminaison en fémorale et l'émission de la grande musculaire postérieure (fémorale profonde, selon ELLENBERGER et BAUM).

2) Un grand nombre de fémurs isolés entourés des parties molles ; les artères nourricières, repérées par les dissections préalables et l'étude des orifices sont injectées directement.

II. — METHODES D'ETUDE :

Nous avons pratiqué séparément l'injection du système artériel de la cuisse et l'injection du système intra-osseux.

D'autres essais ont été faits pour le système veineux.

A) SYSTEME ARTERIEL EXTRA-OSSEUX :

Grâce à l'injection d'une masse colorée et de substances radioopaques, il est possible de mieux définir le système artériel de la cuisse, et de repérer en particulier les vaisseaux qui se rendent au fémur.

a) *Injection d'une masse de plâtre coloré :*

La masse de plâtre coloré au bleu de méthylène est injectée dans l'aorte. La pièce fixée pendant vingt-quatre heures dans un bain de formol neutre à 10 %, est disséquée le lendemain-même.

b) *Injections de substances radioopaques :*

Nos premières injections ont été pratiquées avec le Vasurix. Ce produit étant diffusible, la radiographie doit être prise immédiatement après l'injection. De plus, si l'on veut combiner la dissection et l'étude radiographique, il est nécessaire de pratiquer, après l'injection de Vasurix, une injection de plâtre coloré.

Par la suite, nous avons employé une suspension de sulfate de baryum, finement broyé, dans un mélange à parties égales de Diodone et d'eau. Cette préparation n'est pas diffusible comme le Vasurix et remplace avantageusement le plâtre coloré pour les dissections, les artères apparaissant comme des cordons blanc mat, faciles à suivre. La dissection n'est également réalisée qu'après fixation de la pièce pendant vingt-quatre heures au moins dans un bain de formol neutre à 10 %.

B) SYSTEME ARTERIEL INTRA-OSSEUX :

L'injection de substances radioopaques suivant le mode précédent n'a jamais permis d'obtenir des images radiologiques des vaisseaux intra-osseux.

Aussi a-t-il fallu injecter directement dans les principaux vaisseaux nourriciers juste avant leur pénétration dans l'ôs. Les vaisseaux sont repérés sur les dissections ou grâce à l'étude topographique des trous nourriciers sur les pièces osseuses sèches.

Nous avons d'abord essayé le Vasurix. La pièce préparée, canule en place dans l'artère nourricière principale, reçoit l'injection immédiatement avant radiographie. Il suffit de trois à six millilitres de Vasurix selon les pièces L'injection est poussée lentement avec une pression douce, progressive, continue.

La radiographie obtenue est très lisible, mais le trait devient flou vers les fines ramifications vasculaires. Le mélange déjà indiqué (sulfate de baryum, Diodone, eau) permet d'obtenir des radiographies plus nettes des fines ramifications et les pièces sont beaucoup plus fidèles car il n'y a pas diffusion du produit radioopaque. Ainsi l'injection étant pratiquée et les vaisseaux ligaturés, la pièce peut être fixée pendant vingt-quatre à quarante-huit heures dans un bain de formol neutre à 10 %, sans altération sensible de la masse d'injection.

Les sels minéraux de l'os sont ensuite détruits par immersion durant une semaine dans une solution d'acide nitrique ou chlorhydrique à 5 ou 10 %.

Les radiographies de face et de profil de ces pièces sont alors réalisées selon les coordonnées radiographiques qui suivent :

petit foyer ; 150 mA ; 22,5 mAs ; 0,15 seconde ; 45 Kv.

Des radiographies de ces mêmes pièces, ont été prises immédiatement après l'injection de mélange opacifiant suivant les coordonnées radiographiques :

petit foyer ; 150 mA ; 22,5 mAs ; 0,16 seconde ; 45 Kv.

Les résultats sont dans ce cas très satisfaisants ; s'ils sont moins bons que ceux obtenus après destruction des sels minéraux, ils permettent néanmoins l'élimination précoce des pièces sans valeur. En effet, la technique, pour simple qu'elle soit n'en est pas moins irrégulière dans ses résultats : l'injection imparfaite ou nulle, les ruptures vasculaires dans le réseau médullaire sont les principales causes d'échec.

C) SYSTEME VEINEUX EXTRA-OSSEUX :

L'appareil valvulaire constitue un obstacle sérieux qui a dû être contourné par un artifice : on pousse dans les troncs veineux principaux une masse de gélatine colorée par addition de bleu de méthylène ; quand les premières valvules rencontrées ont rempli leur office, on laisse se prendre en masse ce premier tronçon que l'on dissèque ensuite soigneusement.

A partir de là on injecte le tronçon suivant ainsi que les affluents. De proche en proche on réalise ainsi une injection assez complète du système veineux.

D) SYSTEME VEINEUX INTRA-OSSEUX :

L'expérience a montré que, dès leur sortie de la corticale osseuse, les veines sont pourvues de valvules. Pour injecter le système veineux intra-osseux nous avons pratiqué une trépanation de l'os long par laquelle on injecte directement dans la moelle le mélange,

Sulfate de baryum.....	2 à 3 g
Diodone	parties égales
Eau	3 ml

LES ORIFICES VASCULAIRES DU FÉMUR

I. — RECOLTE DES PIECES OSSEUSES

Nous avons nettoyé et ruginé 85 fémurs appartenant à des Chiens de race et d'âge différents, en provenance du Service d'autopsie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Ce matériel se répartit de la façon suivante :

Setters, de 1 an à hors d'âge	12 sujets
Bergers allemands, de 1 an à hors d'âge	11 sujets
Groenendael, de 3 ans à un âge avancé..	10 sujets
Epagneuls bretons, de 5 ans à 10 ans..	9 sujets
Loulous de Poméranie, de 2 ans à 8 ans	6 sujets
Braques, de 2 ans à vieux	6 sujets
Bergers français, de 2 ans à vieux	4 sujets
Fox, de 2 ans à 7 ans	4 sujets
Bassets, 6 mois, 1 an, vieux.....	3 sujets
Chien des Pyrénées, vieux	1 sujet
Braques, 8 et 5 mois	2 sujets

En outre, les fémurs de 15 Chiens bâtards de 1 an à « hors d'âge » et de 2 fœtus de Chiens, de race indéterminée, ont été examinés.

II. — PREPARATION

Chaque pièce est plongée dans l'eau additionnée de perborate de soude (100 grammes pour 5 litres d'eau) et portée à l'ébullition pendant douze heures environ. Il suffit d'un grattage léger pour débarrasser l'os des parties molles encore adhérentes.

On laisse ensuite la pièce sécher lentement à la température ambiante.

III. — METHODES D'ETUDE

Le protocole de recherche comporte :

A) Une évaluation approximative du nombre des orifices vasculaires du fémur.

On sélectionne trois lots de cinq fémurs : cinq os parmi les plus riches en pertuis, cinq os qui en offrent le moins, et cinq os « moyens ».

Un décompte méthodique des orifices macroscopiquement visibles est pratiqué pour chacune des pièces. Les moyennes et extrêmes obtenues permettent de donner une idée de la « densité vasculaire » de l'os.

B) Une description topographique des orifices vasculaires de l'os.

Comme base de cette description, nous suivons la méthode préconisée par Herŕt : sur une représentation-type des diverses régions anatomiques de l'os, on reporte les orifices osseux observés sur chaque pièce dans les mêmes régions. Autrement dit, l'image définitive est celle de la superposition de tous les schémas d'une même région, dessinés à la même échelle, à partir de chaque pièce. Cette méthode fournit la fréquence de position des pertuis vasculaires.

La préparation des pièces de jeunes chiens entraîne la séparation des épiphyses et de la diaphyse. L'étude comparée de la répartition des orifices sur ces pièces isolées et sur les os adultes permet de discriminer les vaisseaux épiphysaires et diaphysaires au niveau de la métaphyse.

Grâce au pied à coulisse on détermine pour chaque pièce osseuse la distance qui sépare le point le plus bas de la ligne unissant le grand trochanter et la tête fémorale (repère proximal) et la gorge de la trochlée fémorale (repère distal).

Cette distance traduit, dans nos mesures, le grand axe de l'os. Nous établissons le rapport

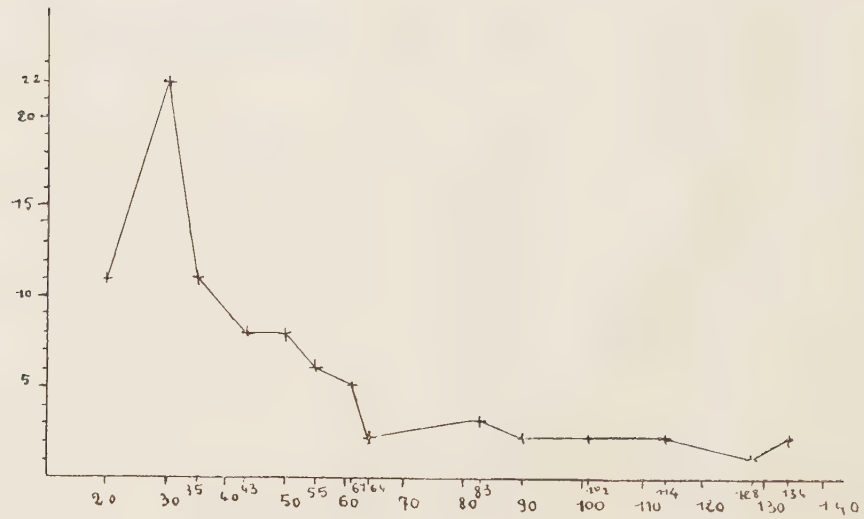
$$\frac{H \text{ (grand axe de l'os)}}{h \text{ (distance du trou nourricier au repère proximal).}}$$

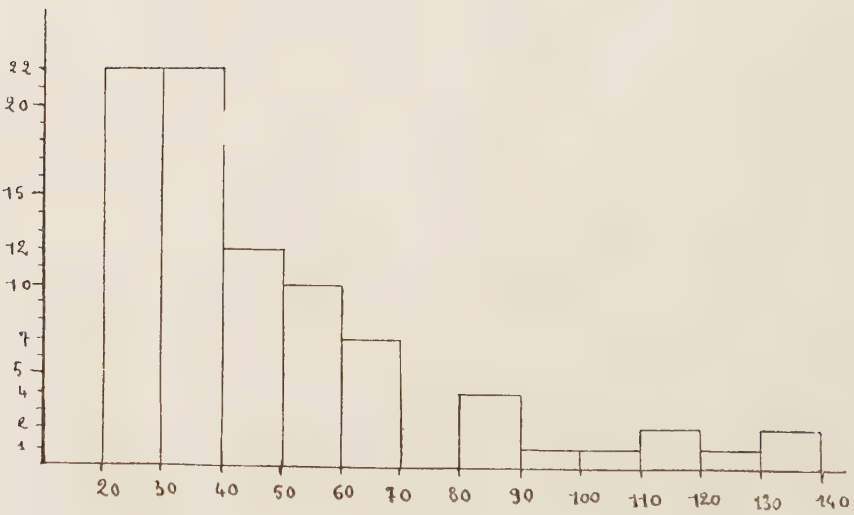
L'ensemble des valeurs obtenues permet ainsi de dégager une étude statistique de la position du trou nourricier principal (Fig. 1).

Fig. 1. — Fréquence de position du trou nourricier principal du fémur du Chien (schématisée sur un fémur gauche).
Les distances H et h sont définies dans le texte.

C) Une estimation de la direction des conduits intracorticaux les plus importants par rapport à l'axe longitudinal de l'os.

Un fil métallique rectiligne est introduit dans le conduit osseux. On détermine l'angle formé par ce fil (le canal vasculaire) et la partie proximale du plan formé par le corps de l'os et sensiblement parallèle à l'axe longitudinal de celui-ci.





Graphiques de fréquence de la valeur de l'angle formé par le canal nourricier principal et le plan diaphysaire

En abscisse, la valeur de l'angle,

En ordonnée, le nombre de pièces correspondantes.

IV. — RESULTATS :

A) NOMBRE D'ORIFICES PORTES PAR LE FEMUR :

Pour la collection d'os étudiée, le nombre moyen d'orifices macroscopiquement visibles est de 181; les valeurs extrêmes sont de 112 (pièce la plus pauvre en orifices) et de 254 (pièce la plus riche).

La statistique montre que la race, le sexe et l'âge n'interviennent pas dans ces valeurs ; les variations sont purement individuelles; elles sont même importantes puisqu'elles vont, nous le voyons, du simple au double.

B) TOPOGRAPHIE DES ORIFICES VASCULAIRES

a) *Orifice nourricier principal :*

Conformation et situation.

C'est un orifice assez large (0,75 à 1 mm de diamètre), situé en face postérieure de l'os, sur la surface âpre, à l'union du tiers supérieur et du tiers moyen. Il est parfois double. L'étude de 85 fémurs de chiens de races différentes, suivant la méthode de HERT montre que la position du trou nourricier principal est relativement constante; en effet, il existe une seule plage, oblongue, d'aire assez réduite située à la limite du tiers supérieur et du tiers moyen (chez l'Homme, au contraire, il y a selon HERT deux zones de fréquence). Par ailleurs, le rapport $\frac{H}{h}$, défini plus haut, a une valeur moyenne de 3,2 (extrêmes 2,7 et 3,5).

Si l'on considère le plan sagittal de l'os, on constate que le trou nourricier principal peut se trouver à droite ou à gauche de ce plan, mais avec une plus grande fréquence du côté interne. Ces faits confirment les données classiques.

Direction du canal nourricier principal :

L'angle formé par l'axe de l'os et le canal vasculaire est rapporté, pour chaque os, sur un même schéma. Une étude statistique dresse le tableau des lots de fémurs pour lesquels canal vasculaire et surface osseuse accusent la même angulation :

Valeur de l'angle	Nombre de fémurs
20°	11
30°	22
35°	11
43°	8
50°	8
55°	6
61°	5
64°	2
83°	3
90°	2
101°	2
114°	2
128°	1
134°	2

La courbe de fréquence montre que, pratiquement, l'angulation varie entre 20° et 65° avec un maximum très net au voisinage de 30° (voir graphique et abaque).

A titre comparatif nous avons étudié le trou nourricier principal chez le Cheval et chez le Bœuf. Chez le Cheval (15 fémurs) le canal vasculaire se situe d'une manière assez constante au bord interne de la face postérieure du fémur, à mi-hauteur du corps de l'os. Sur un seul fémur l'orifice a été trouvé légèrement au-dessus de la fosse sus-condylienne.

La direction du canal intra-cortical semble assez variable, les valeurs sont les suivantes :

Angle de 135° : 6 fémurs ;
Angle entre 135° et 90° : 3 fémurs ;
Angle de 90° : 3 fémurs ;
Angle de 45° : 3 fémurs.

Chez le Bœuf, 17 fémurs ont été examinés et, grâce à la méthode de Herŕt, deux zones de fréquence ont été repérées : l'une, d'aire très réduite, à peine au-dessus de la fosse sus-condylienne, au bord externe de la face postérieure, l'autre au bord interne, au même niveau mais rencontrée moins souvent.

L'angle formé par le canal nourricier et l'os est ici remarquablement constant et s'élève à 170° environ. Une seule valeur s'en écartait (un angle de 130° environ).

D'une manière générale, il semble donc que l'emplacement du trou nourricier principal du fémur soit constant chez les espèces domestiques. Mais, en raison des facteurs déterminant la direction de ce canal — glissement du périoste (SCHWALBE) et croissance des vaisseaux (HUGHES), et compte tenu des variations fréquentes qui portent sur les petites artères — on conçoit que la direction de ce canal soit sujette à des variations assez importantes (deux exemples illustrent cette notion, dans la fig. II).

Fig. II. — Deux aspects du canal nourricier principal du fémur du Chien.

A

Section sagittale par le trou nourricier principal. Schéma de la portion médiale d'un fémur gauche de Groenendael, orientation normale de l'os.

Type de canal nourricier très incliné.

B

Section sagittale par le trou nourricier principal. Schéma de la portion latérale d'un fémur droit d'un chien de race indéterminée, orientation normale de l'os.

Type de canal nourricier normal au plan diaphysaire.

b) *Orifices secondaires :*

Sous cette rubrique nous classons des orifices de calibre moins important, que l'orifice principal, pour lesquels, la méthode de HERT fait ressortir une constance remarquable.

— *Extrémité supérieure du fémur* (fig. III, A).

Le fond de la fossette digitale porte de un à quatre conduits assez volumineux dont l'axe de pénétration est sensiblement parallèle au fût diaphysaire. Sur l'os fœtal, cette orientation est particulièrement nette; un seul orifice, très important, pénètre dans l'os selon l'axe longitudinal.

D'après DE MARNEFFE, ces orifices livreraient passage à des vaisseaux chargés de drainer la veine centro-médullaire.

Notons ici que, sur un os jeune, avant toute soudure des épiphyses le fond de la fosse sous-trochantérienne appartient à la diaphyse.

— *Corps du fémur* (fig. III, B).

Sur le tiers des pièces étudiées, au quart supérieur de la face antérieure de l'os, il existe à la suite d'une gouttière creusée dans la corticale, un orifice relativement important ; celui-ci donne accès à un canal qui atteint la cavité médullaire sous une incidence très oblique, de haut en bas et d'avant en arrière.

— *Extrémité inférieure du fémur* (fig. III, C et D).

Les orifices secondaires occupent la région intercondylienne (fig. III, D).

Sur un fémur préparé avant la disparition des cartilages de conjugaison, ces orifices sont portés par l'épiphyse inférieure. Par la technique de HERT, nous avons pu définir trois zones de pénétration plus constantes :

— la première, correspond à l'orifice le plus important par son diamètre ; on la rencontre juste au-dessous de la ligne de soudure des épiphyses (ligne intercondy-

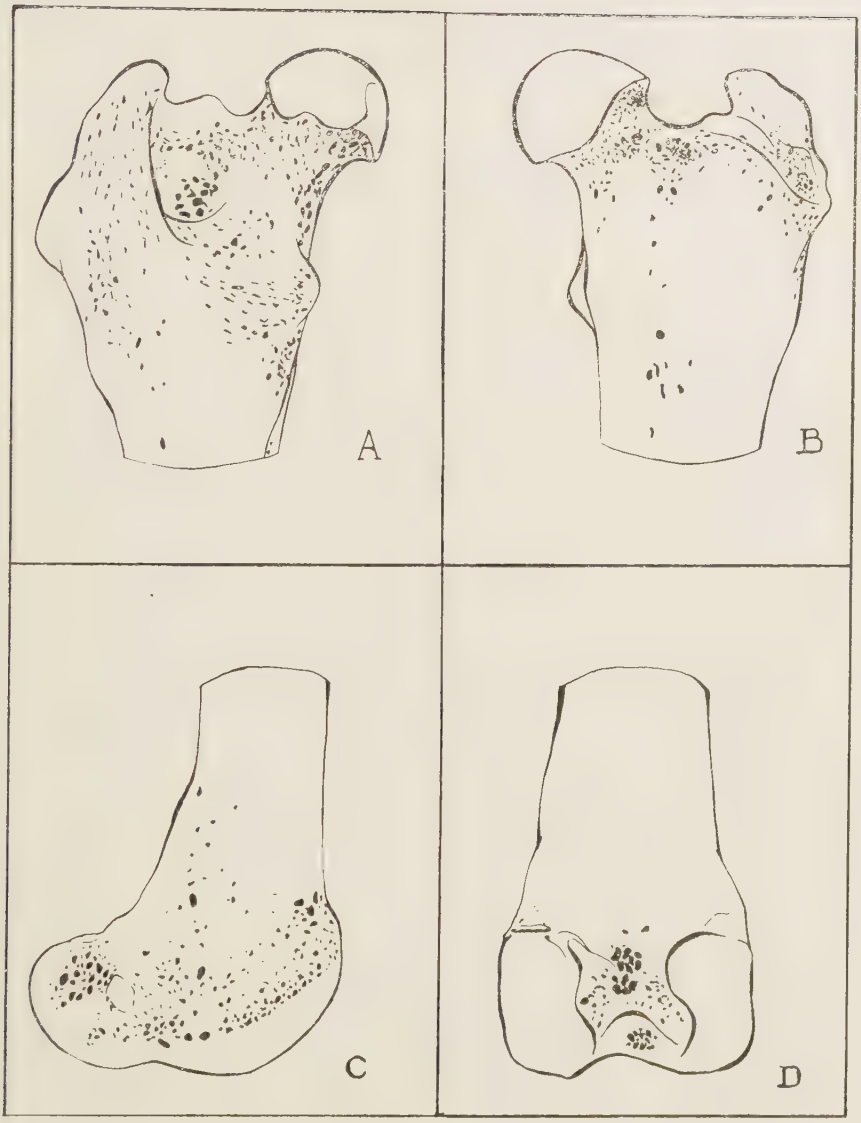


Fig. III. — Fréquence de distribution des orifices secondaires et tertiaires du fémur du Chien (fémur gauche).

A. — Vue postérieure de l'extrémité proximale.
B. — Vue antérieure de l'extrémité proximale.
C. — Face interne de l'extrémité distale.
D. — Face postérieure de l'extrémité distale.

lienne, selon ELLENBERGER et BAUM). Cette zone répond à l'amas de points plus volumineux, figurés en partie supérieure de la région intercondylienne.

— la seconde se trouve au centre de la fosse intercondylienne entre les insertions des ligaments croisés du grasset, en face interne des condyles ; sur la figure III, D, elle occupe la partie moyenne de la région intercondylienne.

— la troisième, correspond à un orifice de diamètre plus faible mais de constance remarquable ; il se trouve sur la crête qui sépare la partie inférieure de la trochlée fémorale de la fosse intercondylienne. Nous y trouvons un seul orifice ou plusieurs pertuis très proches les uns des autres, il répondent au nuage de points représenté sur la figure III, D, en partie inférieure de la région intercondylienne.

c) *Orifices tertiaires :*

Sous cette désignation, nous entendons tous les orifices de siège et de taille variable, dont la topographie est difficile à fixer. Ils sont très nombreux, en particulier sur les extrémités du fémur. Sur les corps en effet, il n'existe que quelques pertuis clairsemés, inconstants, relevés quelquefois en face postérieure le long de la ligne âpre et en face antérieure aux marges d'insertion des muscles vastes interne et externe.

— *Extrémité supérieure du fémur.*

La surface d'insertion du ligament rond articulaire n'offre pas d'orifice macroscopiquement visible. Sur toute la surface du col fémoral par contre, il existe de nombreux orifices tertiaires. Leur densité est particulièrement forte en marge de la tête fémorale et en bordure de la ligne qui unit la tête articulaire au trochantin (petit trochanter) (Fig. III, A).

La surface d'insertion fessière du sommet trochantérien n'offre pas, également, d'orifice visible. Par contre, toute la face externe du grand trochanter présente de

minuscules pertuis, la plupart précédés d'une petite gouttière, parallèle à l'axe longitudinal de l'os, soit au-dessus, soit au-dessous du point de pénétration (Fig. III,B.).

Dans la fosse digitale sous-trochantérienne, outre les orifices cités plus haut, il existe, surtout en partie antérieure, un certain nombre d'orifices dont certains relativement importants apparaissent bien sur les pièces richement dotées de pertuis vasculaires (fig. III, A, la plage transverse, située au-dessus du nuage d'orifices secondaires).

Sous le trochantin à l'origine de la lèvre interne de la ligne âpre, il existe également quelques orifices de fin calibre, peu nombreux mais très constants (fig. III, A.).

— *Extrémité inférieure du fémur :*

Dans la fosse intercondylienne, de fins pertuis, en nombre très variable selon les pièces, se répartissent autour des orifices secondaires vus plus haut, en particulier dans la partie moyenne de cette fosse (le nuage de points très fins de la figure III, D).

Sur la face excentrique des condyles externe et interne, il existe un grand nombre d'orifices (fig. III, C). La méthode de Hert nous a permis de montrer la constance et l'importance de leur répartition en bordure des surfaces articulaires de la trochlée fémorale et des condyles. A la face interne de l'os, la surface d'insertion musculaire condylienne ne porte aucun orifice visible (fig. III, C). Les pertuis vasculaires se raréfient sur la face antérieure de l'os, dans la fossette qui prolonge, sur la diaphyse, la trochlée fémorale.

A la face postérieure du fémur, la surface comprise entre la ligne de soudure de l'épiphyse inférieure et de la diaphyse et les insertions des muscles jumeaux de la jambe (surface poplitée), offre des orifices en nombre réduit ; leur situation est cependant assez constante : trois ou quatre occupent la partie centrale de cette surface, un ou deux autres se trouvent en bordure interne des articulations sésamoïdiennes supracondyliennes.

CONCLUSIONS

Le fémur, si l'on en juge par l'abondance de ses orifices, reçoit un nombre très important de vaisseaux avec une densité toute particulière sur les extrémités (surtout l'inférieure).

C'est en bordure des surfaces articulaires que cette densité est la plus importante.

Certains pertuis sont présents sur tous les fémurs étudiés et doivent livrer passage à des vaisseaux eux-mêmes constants ; leur connaissance est utile pour la chirurgie osseuse ou pour toute opération dont le champ intéresse une région de l'os. C'est le cas pour le trou nourricier principal, pour les orifices secondaires intercondyliens et pour les orifices de la fosse sous-trochantérienne.

Les autres pertuis, les plus nombreux, sont inconstants et varient dans leur situation et leur taille. Toutefois, il existe des régions de la surface osseuse où leur densité est plus forte, précisément aux marges des surfaces articulaires.

LA VASCULARISATION ARTÉRIELLE DE LA RÉGION CRURALE

Notre étude de la vascularisation de la cuisse repose sur la lecture d'images radiographiques et les résultats de dissections fines, certaines effectuées sous le contrôle d'une loupe à éclairage circulaire.

Un décalque soigné des radiographies, sur rhodoïd transparent, facilite la représentation du système vasculaire.

Nous avons suivi dans notre description des vaisseaux la nomenclature utilisée par ELLENBERGER et BAUM qui est de loin la plus complète.

Les artères de la région crurale naissent toutes de l'artère iliaque externe (fig. V, 1). L'iliaque interne, en effet, se distribue essentiellement aux parois du bassin, aux muscles fessiers, aux organes intra-pelviens, au périnée. Elle ne semble pas participer à la vascularisation du fémur.

Les surfaces d'insertion fémorale des muscles fessiers n'offrent pas, nous l'avons dit, d'orifice vasculaire macroscopiquement visible. Il est possible qu'un apport sanguin « microscopique » existe dans cette région, mais dans l'ensemble tous les vaisseaux qui atteignent le fémur proviennent directement ou indirectement de l'artère iliaque externe (1).

(1) A l'heure où nous rédigeons ces lignes, nous parvient un travail de FITZGERALD, de l'Ecole Vétérinaire d'Auburn, Alabama, sur la vascularisation de la tête du fémur du Chien ; d'après cet auteur, trois sources fournissent le sang à la tête fémorale : l'artère fémorale profonde, l'artère fémorale antérieure et les artères fessières postérieures[e]; cette dernière source prouverait donc la participation de l'artère iliaque interne dans la vascularisation fémorale.

Fig. IV. — Radiographie de la région crurale du Chien (membre gauche)

Fig. V. — Décalque de la radiographie précédente.

1. - A. iliaque externe.
2. - A. fémorale.
3. - A. poplitée.
4. - A. fémorale antérieure ou grande musculaire antérieure
5. - A. articulaire superficielle du genou.
6. - Tronc prépubien.
7. - Tronc commun aux artères abdominale postérieure et honteuse externe.
8. - A. fémorale profonde ou grande musculaire postérieure.
9. - A. circonflexe fémorale interne.
10. - A. circonflexe fémorale externe.
11. - A. fémorale postérieure supérieure.
12. - A. saphène (a et b), ses rameaux jambiers.
13. - A. fémorale postérieure moyenne.
14. - A. fémoro-poplitée.
15. - A. intercondylienne.

TN - Trou nourricier.

Schéma général de la vascularisation de la cuisse :

Artères iliaques externe, fémorale et poplitée constituent un axe vasculaire qui croise le fémur, par sa face interne, de haut en bas et d'avant en arrière, un peu au-dessus du milieu de la longueur de l'os (fig. V). Cet axe devient alors postérieur au fémur, sous les muscles cruraux internes, et se glisse derrière l'articulation fémoro-tibiale, d'abord entre les muscles jumeaux de la jambe puis entre les condyles articulaires ; il se termine par les artères tibiales (radiographie et décalque, fig. IV et V).

L'artère fémorale représente la portion de cet axe comprise entre l'émission de l'artère fémorale profonde (considérée comme sa première branche collatérale) et l'émission de l'artère fémoro-poplitée.

Dans son trajet, elle se place dans le triangle de Scarpa, le long du bord postérieur du couturier tibial, en position très superficielle. Vers le milieu de la longueur de la cuisse, elle devient profonde, s'engage d'abord sous le muscle droit interne puis entre l'adducteur de la cuisse et le demi-membraneux. Elle atteint enfin le creux poplité.

Les principales collatérales qui se détachent de la fémorale (fig. V, 2) sont dans l'ordre :

— le tronc commun (6) à l'artère fémorale profonde ou grande musculaire postérieure (8) et aux artères abdominale postérieure et honteuse externe (7) ;
— l'artère fémorale antérieure ou grande musculaire (4) ;
— l'artère articulaire superficielle du genou (5) ;
— l'artère fémorale postérieure supérieure (11) ;
— l'artère saphène (12) ;
— l'artère fémorale postérieure moyenne (13) ;
— enfin, l'artère fémoro-poplitée (14).

Les autres, innominées, ont été figurées sans légende sur la fig. V. L'une d'elles toutefois comprise entre l'origine de l'artère fémorale postérieure moyenne (13) et celle de l'artère fémoro-poplitée (14), semble répondre à l'artère fémorale postérieure inférieure, décrite par Ellenberger et Baum.

I. — L'ARTERE FEMORALE PROFONDE (8)

Elle naît, par le tronc commun déjà signalé (6) du bord externe de l'artère iliaque externe à sa terminaison, un peu en dessous du bord antérieur du pubis. Elle se dirige en arrière en position presque horizontale, sous le muscle droit interne de la cuisse. Dès son origine, elle se sépare des artères abdominales inférieure et honteuse externe qui naissent, dans la plupart des cas, par un court tronc commun dirigé vers l'avant et vers le bas.

Les branches terminales de la fémorale profonde plongent vers le bas dans le muscle grand adducteur tandis que de fins rameaux gagnent la pointe de la fesse.

A son passage entre les muscles pectiné et grand adducteur, la fémorale profonde émet une branche qui se glisse entre les muscles et se distribue, par plusieurs rameaux, aux muscles cruraux postérieurs. Il s'agit de l'artère circonflexe fémorale interne (9) dont une branche importante pour la suite de notre étude, se rend à l'os entre les muscles pectiné et grand adducteur, aborde le fémur au tiers supérieur de sa face postérieure et pénètre là dans le conduit nourricier principal ; il s'agit de l'artère nourricière principale du fémur (TN, son trou nourricier).

Quelques fins rameaux partent de cette artère et se distribuent au périoste le long de la ligne âpre.

La fémorale profonde (8) se distribue ensuite aux muscles cruraux postérieurs en suivant la face inférieure du plancher du bassin. Un de ses rameaux serpente au contact même de cette paroi osseuse et se rend, par le trou ovalaire, au muscle obturateur interne.

II. —L'ARTERE FEMORALE ANTERIEURE (4)

Elle naît au bord antérieur de l'artère fémorale, en regard de l'articulation coxo-fémorale. C'est un tronc très bref qui ne tarde pas à se distribuer aux muscles cruraux antérieurs et, pour une faible partie, aux muscles abdominaux. Le rameau destiné au vaste externe fournit dans un tiers des cas environ, un vaisseau qui pénètre dans le

quart supérieur de la face antérieure du fémur ; il s'agit de l'artère circonflexe fémorale externe (10).

Sur la radiographie, le hasard a voulu que ce dernier vaisseau, dans son origine sur l'artère fémorale antérieure et sur une partie de son trajet, soit masqué par l'artère fémorale elle-même.

III. — L'ARTERE ARTICULAIRE SUPERFICIELLE DU GRASSET (5)

Elle naît sur le bord antérieur de la fémorale à divers niveaux suivant les sujets, quelquefois à courte distance de l'origine de la saphène, quelquefois très haut comme c'est le cas sur la fig. V, au-dessus de l'artère fémorale postérieure supérieure. Elle suit la face interne du vaste interne ; recouverte par le couturier rotulien auquel elle abandonne des rameaux, elle se dirige vers la rotule et se ramifie dans les ligaments rotuliens, les aponévroses et le tégument de la région du grasset.

IV. — L'ARTERE FEMORALE POSTERIEURE SUPERIEURE (11)

Elle naît de la fémorale au moment où cette dernière commence à croiser le fémur. Elle se dirige horizontalement vers l'arrière, puis remonte légèrement en se distribuant aux muscles cruraux internes.

V. — L'ARTERE SAPHENE (12)

Elle émane du bord interne de l'artère fémorale au moment où celle-ci s'engage sous le demi-membraneux. Elle suit un trajet superficiel, oblique en arrière et en bas, à la face interne de la cuisse et finit par se distribuer dans la région jambière (rameaux a et b).

VI. — L'ARTERE FEMORALE POSTERIEURE MOYENNE (13)

C'est une artère, de calibre fort variable selon les sujets qui naît du bord postérieur de la fémorale un peu en dessous de la précédente, longe la face interne de la portion distale du grand adducteur, puis du demi-mem-

braneux ; elle fournit des rameaux au grand adducteur et se distribue au demi-membraneux et au droit interne.

Sur une dissection, nous avons pu mettre en évidence des anastomoses importantes entre les branches terminales de cette artère et celles de la fémorale postérieure supérieure.

VII. — L'ARTERE FEMORO-POPLITEE (14)

C'est un tronc court et puissant qui, après un trajet parallèle au bord supérieur des muscles jumeaux de la jambe, se divise en deux branches destinées au long vaste, dont l'une se prolonge très haut par un rameau important qui remonte le long du demi-tendineux et irrigue ce muscle.

Avant de se diviser cette artère détache de son bord externe une branche qui contourne le fémur à l'extérieur et se distribue au muscle vaste externe. Préalablement, elle émet des rameaux pour la face externe du grasset et des rameaux périostés. Ces derniers pénètrent dans l'os en bordure du cartilage articulaire de la lèvre externe de la trochlée fémorale.

VIII. — L'ARTERE POPLITEE (3)

Elle plonge entre les muscles jumeaux de la jambe, s'engage entre les condyles articulaires du fémur, au contact du ligament capsulaire de l'articulation fémoro-tibiale.

Dès son origine, elle émet en avant deux petits rameaux destinés à l'articulation sésamoïdes supra-condyliens - condyles fémoraux. Deux ou trois autres ramuscules naissent ensuite et pénètrent dans l'os au niveau de la surface poplitée. Entre les condyles fémoraux, l'artère poplitée donne encore naissance, outre un ou deux petits rameaux pour la capsule articulaire fémoro-tibiale, à une petite artère très flexueuse, intercondylienne, qui traverse la capsule articulaire et se rend au tiers supérieur de la fosse intercondylienne où elle pénètre dans l'os (15).

LE SYSTÈME VASCULAIRE NOURRICIER DU FÉMUR

TRAJET EXTRA-OSSEUX

I. — LE SYSTEME ARTERIEL

L'étude des vaisseaux de la cuisse nous a permis au passage de montrer l'origine des artères qui se rendent au fémur. Ces artères sont :

— l'artère nourricière principale,
— l'artère nourricière antérieure (inconstante),
— les artères de l'extrémité inférieure.

A) *L'artère nourricière principale :*

L'artère nourricière principale naît de l'artère circonflexe fémorale interne (fig. V, 9), s'insinue entre les muscles pectiné et grand adducteur et vient au contact de la ligne âpre, entre le tiers moyen et le tiers supérieur du fémur.

Plusieurs cas sont possibles (fig. VI) :

Le plus souvent, il existe une seule artère nourricière principale qui pénètre dans le trou nourricier principal et traverse directement la compacte osseuse sans qu'il existe de gouttière préalable au canal nourricier.

Parfois, il existe deux orifices et deux artères nourricières le plus souvent de calibre égal. Avant la pénétration dans l'os un rameau se détache de l'une des nourricières et suit la ligne âpre, à quelques millimètres de celle-ci, en direction distale (fig. VI, A et B). Sur tout son trajet, ce rameau abandonne de fines branches à destination périostique.

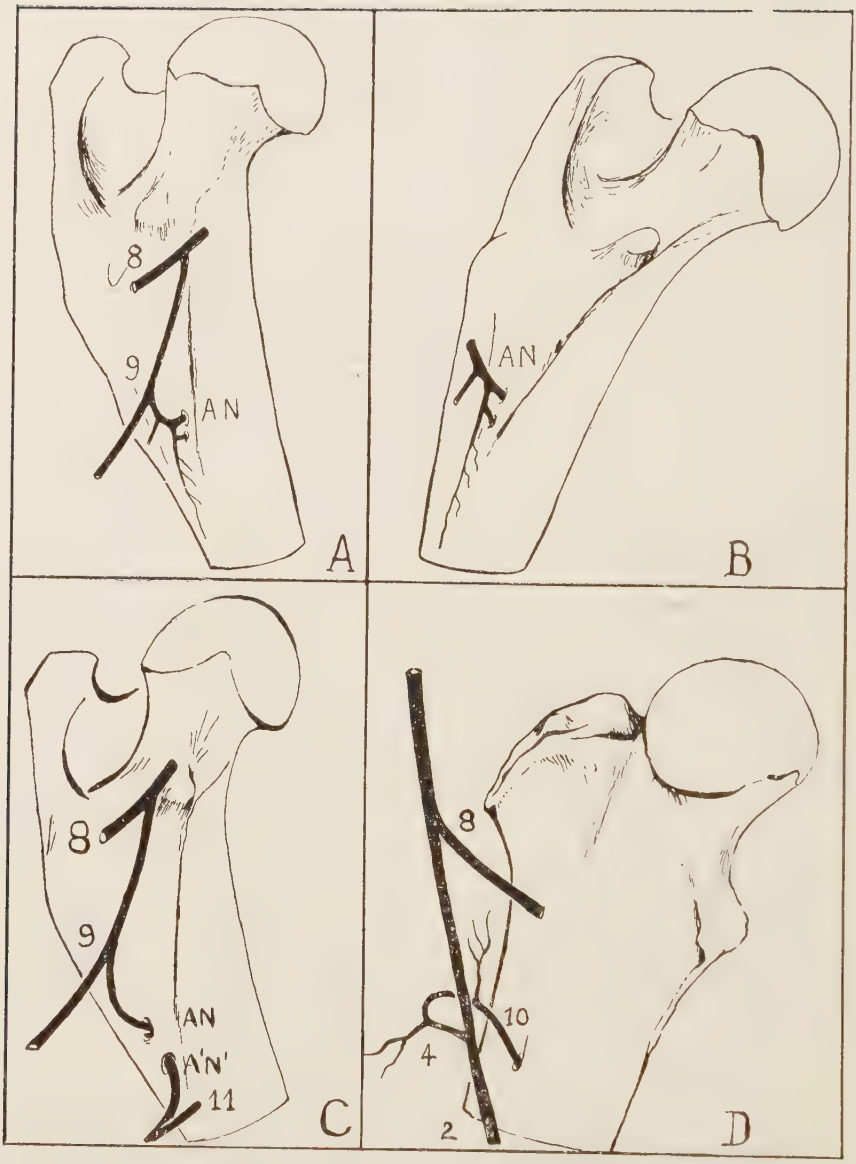


Fig. VI. — Artère (s) nourricière (s) principale (s) et artère nourricière antérieure du fémur du Chien

A - Type à deux artères nourricières principales de source unique (fémur gauche, orientation normale).
B - La même pièce, fémur basculé en avant.
C - Type à deux artères nourricières principales de source différente (fémur gauche).
D - L'artère nourricière antérieure (fémur droit, orientation normale)
AN, A'N' - artères nourricières.

2 - A. fémorale.
4 - A. fémorale antérieure.
8 - A. fémorale profonde.
9 - A. circonflexe fémorale interne.
10 - A. circonflexe fémorale externe.
11 - A. fémorale postérieure supérieure.

Sur une dissection, nous avons noté la présence de deux artères nourricières principales d'origine différente. La première provenait normalement de l'artère circonflexe fémorale interne (fig. VI, C 9), l'autre de la l'artère fémorale postérieure supérieure (fig. V, 11 et fig. VI, C 11) dont elle se séparait, en arrière du fémur, pour pénétrer dans l'os par un deuxième trou nourricier voisin du premier et situé un peu plus bas. Cette distribution doit être exceptionnelle ; nous ne l'avons jamais retrouvée sur les autres radiographies ou dissections.

B) L'artère nourricière antérieure

L'artère circonflexe fémorale externe (fig. V, 10 et fig. VI, D 10), issue de l'artère fémorale antérieure, donne naissance, dans un tiers des cas, à une artère de calibre assez fort (souvent comparable à celui de l'artère nourricière principale), qui descend entre les muscles vaste externe et droit antérieur et traverse la compacte osseuse au quart supérieur de la face antérieure du fémur.

Avant de s'engager dans la compacte, cette artère suit une gouttière plus ou moins longue, toujours profonde qui, progressivement se referme sur l'artère pour former le canal osseux.

C) Les artères nourricières de l'extrémité inférieure

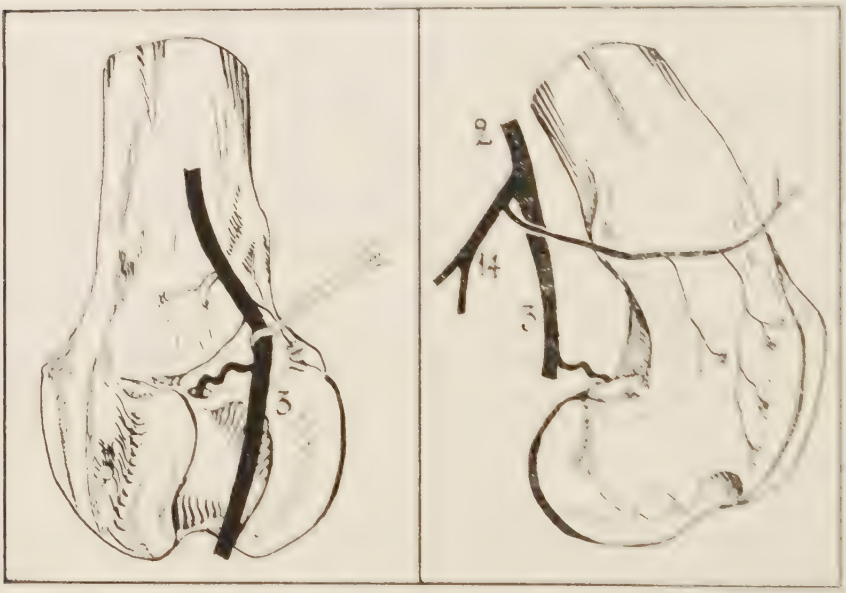
A l'extrémité inférieure du fémur, les artères poplitée et fémoro-poplitée fournissent des vaisseaux à cet os (fig. VII, A et B).

L'artère fémoro-poplitée (fig. VII, B 14) par son rameau destiné au muscle vaste externe, envoie une artériole au périoste qui revêt la face externe de la trochlée fémorale. Cette artériole se divise en de nombreuses branches qui, après un trajet sinueux dans l'épaisseur du périoste, pénètrent dans les orifices voisins de la lèvre externe de la trochlée, en bordure du cartilage articulaire (fig. VII, B).

Nous avons vu combien la disposition des pertuis vasculaires était variable sur l'os, à distance du cartilage articulaire, alors que leur sériation, devenait pour ainsi dire constante en bordure de ce cartilage.

Les ramifications de l'artériole précitée subissent précisément dans leur trajet des variations qui sont liées à la topographie-même des orifices.

L'artère poplitée (fig. VII, A, 3) abandonne à son bord antérieur quelques fins vaisseaux qui, entre les insertions des muscles jumeaux de la jambe, pénètrent dans l'os par les orifices de la surface poplitée. Ces rameaux, très fragiles, n'ont pas été toujours mis en évidence (deux d'entre eux ont été représentés sur la fig. VII, A).



A B

Fig.e VII. — Artères nourricières de l'extrémité inférieure du fémur du Chien.

A gauche, l'artère intercondylienne, issue de l'artère poplitée (3), érignée.
A droite, les rameaux détachés par la fémoro-poplitée (14); la fémorale (2).
Vue externe de l'extrémité distale d'un fémur droit.

Par ailleurs, une autre artère osseuse, de calibre relativement important, naît du bord antérieur de l'artère poplitée, quand cette dernière s'engage entre les condyles du fémur. Cette artère dont le calibre rappelle celui de l'artère nourricière principale, traverse le ligament capsu-

laire de l'articulation fémoro-tibiale et, après un trajet très flexueux entre les deux condyles (indiqué sur la fig. VII A) pénètre dans l'épiphyse inférieure au tiers supérieur environ de la surface intercondylienne, entre les insertions des ligaments croisés de l'articulation.

II. — LE SYSTEME VEINEUX

Malgré leur imperfection, divers essais d'étude du système veineux de l'os nous ont permis de mettre en évidence quelques vaisseaux particulièrement significatifs.

Tous les orifices étudiés plus haut, livrent passage non seulement à des artères mais aussi, semble-t-il, à des veines.

Toutefois, dans la fosse sous-trochantérienne, où nous n'avons pu mettre d'artères en évidence, il naît trois ou quatre veines de calibre relativement important, de paroi fragile, drainées par le système veineux profond de la cuisse. Ces vaisseaux semblent être précisément les veines de drainage du sinus veineux centro-médullaire décrites par De Marneffe (fig. XIII).

LE SYSTÈME VASCULAIRE NOURRICIER DU FÉMUR

TRAJET INTRA-OSSEUX

La lecture de radiographies de face et de profil, après injection de substances radioopaques dans le système vasculaire du fémur permet de suivre en partie la vascularisation macroscopique à l'intérieur de l'os.

I. — LE SYSTEME ARTERIEL DIAPHYSAIRE (fig. VIII)

Sur cinq angiographies (A,B,C,D,E,) choisies comme étant les plus démonstratives, nous avons étudié le système artériel diaphysaire.

Ce système artériel, médullaire, se constitue à partir de l'artère nourricière principale, simple ou dédoublée. Cette artère, nous l'avons vu, traverse la compacte diaphysaire obliquement sous une incidence moyenne de 30°. Le conduit osseux est toujours rectiligne et s'ouvre rapidement dans la cavité médullaire. L'artère arrive donc dans la moelle osseuse, et, après un court trajet, se divise en deux branches, l'une ascendante, l'autre descendante.

Sur les cinq types établis, le parcours vasculaire est décrit dans tous les cas au moment précis où l'artère sort par l'orifice distal de son canal intra-cortical.

Type A. Illustré sur la fig. VIII A, par un fémur de chien des Pyrénées, très âgé.

L'artère nourricière principale, unique, est particulièrement forte. Après avoir traversé la compacte, elle décrit une courbe à concavité supérieure qui l'amène dans une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'os. Elle se divise alors en deux branches, l'une proximale, l'autre distale.

Ces deux branches se divisent en rameaux plus ou moins importants qui fournissent de fines collatérales se perdant sur la compacte ou au voisinage des zones métaphysaires.

Leur parcours est sinueux ; il n'existe pas de branche rétrograde.

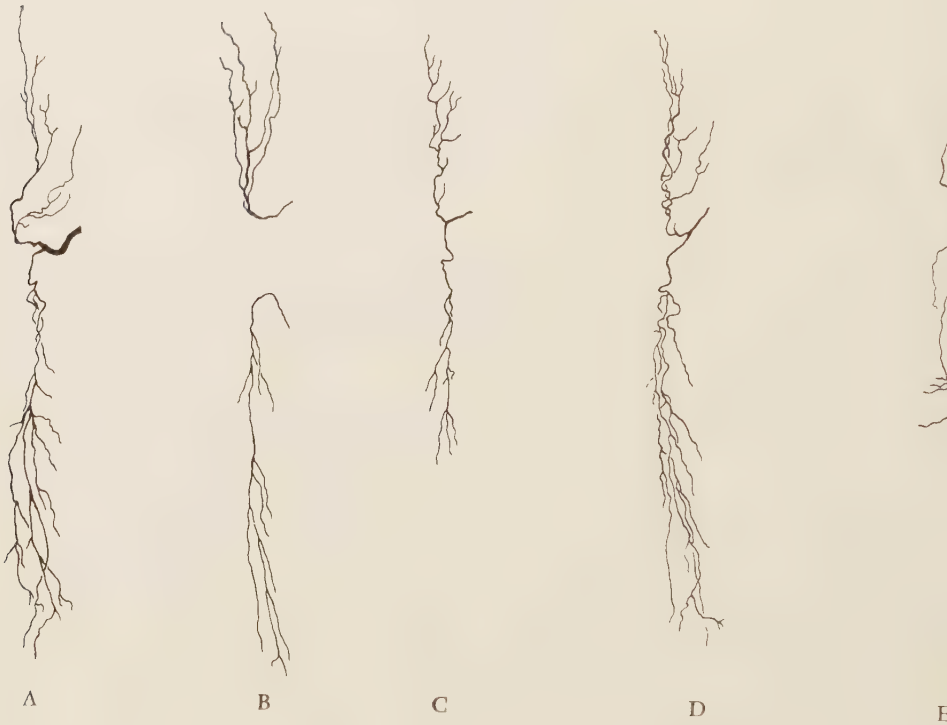


Fig. VIII. — Le système artériel diaphysaire ; ses divers types (décalques de radiographie)

A	B	C	D	E
Chien des Pyrénées (très âgé)	Berger allemand (6 ans)	Caniche (5 ans)	Epagneul breton (1 an)	Braque (8 mois)

Type B. Illustré sur la fig. VIII, B, par un fémur de berger allemand, âgé de 6 ans.

Deux artères nourricières donnent naissance à la branche ascendante pour l'artère nourricière proximale, à la branche descendante pour l'artère nourricière distale. Tout se passe comme si la division d'une seule artère nourricière en deux branches s'était produite avant la traversée de la compacte diaphysaire.

La branche ascendante, après avoir pris une direction parallèle à l'axe osseux, se divise en trois ou quatre rameaux, d'importance équivalente, qui divergent légèrement vers la région métaphysaire supérieure, en détachant des collatérales, qui finalement, abandonnent de fines ramifications.

La branche descendante, née de l'artère nourricière distale, constitue simplement un axe flexueux, le long duquel naissent de nombreux ramuscules qui se rapprochent progressivement de la compacte ou contribuent à former un chevelu vasculaire terminal au-dessus de la métaphyse inférieure.

Type C. Illustré sur la fig. VIII, C, par un fémur de caniche, âgé de 5 ans.

Les deux branches, résultant de la division de l'artère nourricière principale, sont ici à peu près de calibre égal. Contrairement aux cas précédents, ces branches ne se divisent pas dès le début mais se comportent simplement comme deux axes très flexueux qui émettent de fines collatérales sur tout leur trajet. La plupart de ces collatérales se perdent contre la face interne de la compacte.

Type D. Illustré sur la fig. VIII, D, par un fémur d'épagneul breton, âgé d'un an.

L'artère nourricière se divise, après son arrivée dans la moelle, en deux branches : ascendante et descendante.

Rapidement, la branche ascendante très sinueuse, se divise en deux rameaux qui remontent vers l'extrémité supérieure en décrivant un grand nombre de flexuosités accusées, qui leur donne un aspect en « tire-bouchon », en vrille.

Tout le long de cet axe vasculaire partent de fines artérioles qui s'écartent progressivement et semblent pénétrer dans la compacte ou du moins se perdre à sa face interne.

La branche descendante, plus importante, conserve la direction de l'artère nourricière principale avant de décrire une inflexion en S très prononcée dans sa boucle distale. Elle se divise ensuite en plusieurs branches sinueuses qui descendent suivant l'axe de l'os et détachent des collatérales destinées pour la plupart à la face interne de la compacte. Il en résulte la formation d'un fin chevelu artériel qui se distribue à toute la moelle osseuse et se perd au niveau de la compacte et de l'extrémité distale de l'os, juste au-dessus de la zone du cartilage de conjugaison qui n'est pas traversée.

Les méandres des artères médullaires, signalés par de nombreux auteurs (Brookes, Amado, De Marneffe...) apparaissent nettement dans cette observation. On conçoit leur rôle amortisseur ; à ce rôle, doit s'ajouter celui « de frein » des anneaux myo-fibrillaires portés par les artérioles (Lamas, Amado, Da Costa, Cretin).

Un tel système artériel semble donc favoriser le ralentissement du sang.

Type E. Illustré sur la fig. VIII, E, par un fémur de chien braque, âgé de 8 mois.

Peu après sa sortie du canal intra-osseux, l'artère se divise en deux branches, d'importance à peu près égale, l'une proximale, l'autre distale.

La branche proximale, flexueuse, longe à distance la face interne de la compacte osseuse et remonte en direction du cartilage de conjugaison. A peine constituée, elle fournit une fine artériole, ascendante elle aussi, en pleine moelle osseuse ; cette branche est très sinueuse et se divise en deux ou trois fins rameaux ascendants qu'il est difficile de suivre plus longtemps.

La branche distale, à peine plus importante en volume, se divise un peu moins rapidement que la précédente. Préalablement, une fine branche s'en détache, se

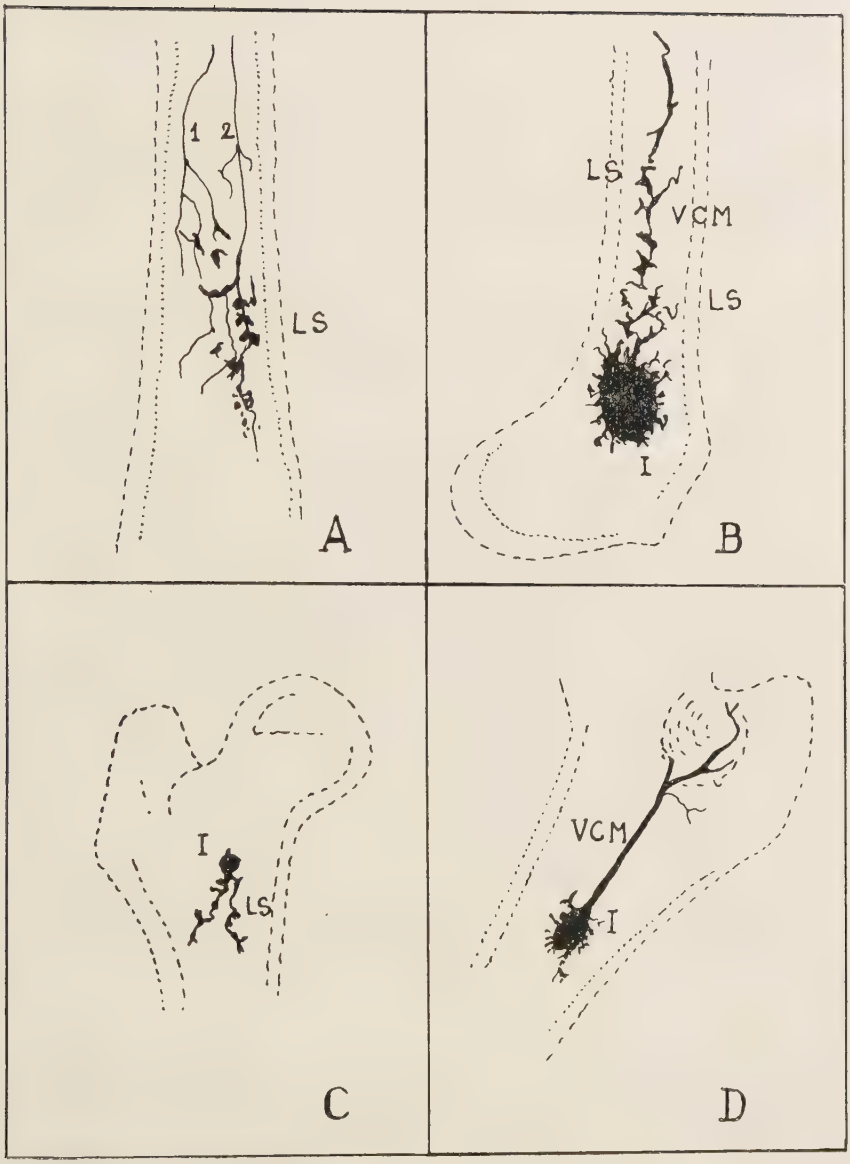


Fig. IX. — Les lacs sanguins intramédullaires,
(décalques de radiographies)

1-2 : Branches de l'artère diaphysaire inférieure (distale).
I : Lieu d'injection, après trépanation.
LS : Lacs sanguins.
VCM : Veine centro-médullaire.

dirige vers le bas et se perd très vite au contact de la face interne de la corticale.

Les deux rameaux, issus de la branche distale, cheminent au centre-même de la moelle, divergent à peine et se terminent, à peu près au même niveau, en abandonnent de fins ramuscules descendants ou perpendiculaires au grand axe de l'os.

Ces ramuscules forment une fine arborisation terminale. Il n'existe pas, semble-t-il, de branche rétrograde ; la distribution vasculaire est sans cesse centrifuge par rapport à l'origine de l'axe artériel médullaire.

Deux autres radiographies (fig. IX), dont la netteté laissait par ailleurs à désirer, nous ont permis de préciser l'existence de lacs sanguins (LS) en pleine moelle osseuse. La première pièce appartient à un chien de race braque, âgé de 6 mois ; l'injection a été faite au Vasurix. Nous retrouvons un des types de distribution du système artériel ; par contre, au voisinage des extrémités, les artérioles « se dilatent », forment des plages plus ou moins floues dont l'aspect est celui de lacs sanguins (fig. IX, A, LS).

La seconde pièce est un fémur de dobermann, âgé de 7 ans. L'injection a été faite au sulfate de baryum.

L'image obtenue est beaucoup plus nette et l'on observe au niveau des divisions de la branche distale de l'artère nourricière, des formations analogues sur le trajet des artérioles ou autour de celles-ci (fig. IX, B, LS).

***

Ainsi, à partir d'une source unique ou double (artère nourricière dédoublée), se constituent deux branches qui se distribuent dans la diaphyse, l'une en partie proximale l'autre en partie distale.

Les vaisseaux sont toujours très flexueux et jouent le rôle « d'amortisseurs » pour le courant sanguin (Lamas, Amado, Da Costa ; Cretin, De Marneffe, Brookes). Certains fins rameaux semblent se perdre dans la compacte diaphysaire.

Jamais, après injection de la seule artère nourricière principale, nous n'avons trouvé de vaisseaux visualisés dans les épiphyses ; il semble donc qu'il existe un hermétisme artériel entre diaphyse et épiphyse.

Enfin, il faut mettre l'accent sur l'existence, au niveau de la métaphyse, d'un réseau plus dense de fins vaisseaux et, peut-être, de lacs sanguins.

II. — LE SYSTEME VEINEUX DIAPHYSAIRE (fig. IX)

Grâce aux injections de substances radioopaques, pratiquées après trépanation de l'os, en I sur la fig. IX, B, C et D) directement dans la moelle osseuse ou dans le tissu spongieux, nous avons pu mettre en évidence certains aspects du réseau veineux intra-osseux.

Ainsi, en plusieurs régions des os injectés, nous avons observé un réseau de lacs sanguins (LS) réunis par de fins vaisseaux et les fragments d'une importante veine centro-médullaire (VCM), en particulier, sa terminaison et son drainage par les veines de la fosse sous trochantérienne (fig. IX, D), déjà décrites par De Marneffe).

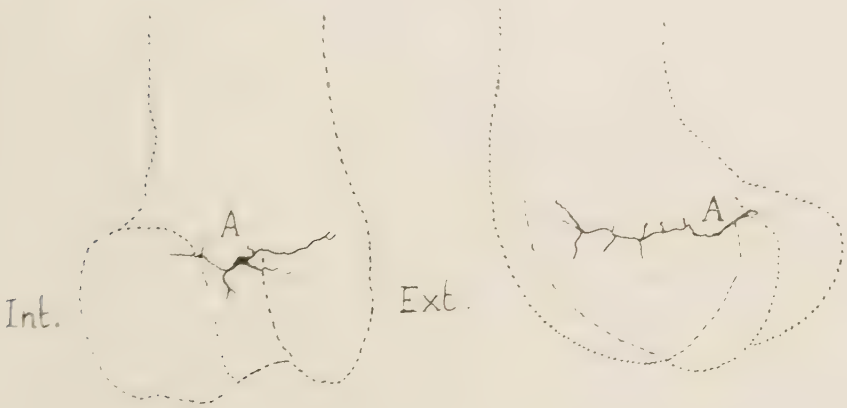


Fig. X. — Trajet intraosseux de l'artère épiphysaire inférieure ou intercondylienne (décalques de radiographies)

A - L'artère elle-même.

III. — LE SYSTEME VASCULAIRE EPIPHYSAIRE (fig. X).

Sur un jeune sujet, considéré avant toute soudure diaphyso-épiphysaire de ses os longs, nous avons étudié la sphère de distribution de l'artère nourricière intercondylienne qui pénètre, entre les condyles fémoraux, dans l'épiphyse inférieure (fig. X, A).

Cette artère se divise en plusieurs branches qui suivent la face inférieure du cartilage de conjugaison en jetant de place en place de petits rameaux ascendants et descendants.

Tout passage vasculaire semble interdit vers le corps de l'os.

Les vaisseaux du périoste, mis en évidence par les dissections, n'ont pu être étudiés dans leur trajet intra-osseux. Par contre, on peut avancer que, si macroscopiquement le corps de l'os reçoit son sang en majeure partie de l'artère nourricière principale, les épiphyses sont desservies presque uniquement par des vaisseaux périostés. L'artère intercondylienne, issue de la poplitée, est en effet la seule artère non périostée que l'on puisse mettre constamment en évidence au niveau de l'épiphyse inférieure.

MISE EN PLACE D'UN SCHÉMA GÉNÉRAL DE LA VASCULARISATION DU FÉMUR

Grâce aux données acquises, essayons de dresser un plan général de la vascularisation du fémur.

Le sang qui arrive à cet os provient de branches collatérales de l'artère fémorale et de l'artère poplitée, nous l'avons vu. Deux systèmes circulatoires différents peuvent être distingués : l'un pour le corps de l'os, l'autre pour les épiphyses. En effet, après injection du système vasculaire artériel du corps de l'os par l'artère nourricière principale, nous n'avons jamais obtenu d'image radiologique dans les épiphyses, la pénétration de la substance radio-opaque s'arrêtant toujours à la zone métaphysaire.

Il y aurait donc, du moins macroscopiquement, trois zones de circulation indépendantes dans le fémur ; une pour le corps de l'os, tributaire de l'artère nourricière principale, et une pour chaque extrémité recevant le sang, en totalité pour les épiphyses supérieures et en majeure partie pour l'inférieure, de vaisseaux périostés.

Cette distinction est encore plus nette lorsque l'étude porte sur un os jeune porteur des cartilages de conjugaison. Dans ce cas, la branche intercondylienne issue de l'artère poplitée, qui pénètre dans l'épiphyse inférieure entre les condyles fémoraux, se distribue entièrement à cette épiphyse et à elle seule.

Classiquement il est reconnu que, lorsque le cartilage de conjugaison disparaît (sa destruction se faisant par effondrement vasculaire), la communication vasculaire s'établit. Il ne nous a jamais été possible de le vérifier par nos méthodes d'étude.

On sait également que la plupart des orifices vasculaires de l'os livrent passage à une artériole et à une ou deux veines satellites ; on peut donc prévoir qu'il existe un système veineux pour chacune des régions de l'os. Pourtant, en ce qui concerne le corps de l'os, il y a une importante veine centro-médullaire drainée dans la fosse sous-trochantérienne par des veines indépendantes du système artériel. Or, dans tout l'organisme, le réseau artériel est accompagné d'un réseau veineux le plus souvent double (veines superficielles et veines profondes), il semble qu'il en soit de même au niveau du fémur où doit exister ce drainage veineux supplémentaire.

Une autre idée est relative à la fonction du sang dans l'os. Le corps de l'os, nous l'avons vu, offre de nombreux lacs sanguins d'essence artérielle, disposés irrégulièrement en pleine moelle osseuse. Par ailleurs, un bon nombre de ramifications ultimes de la nourricière principale se perdent au contact de la face interne de la compacte osseuse. Il est plausible de penser qu'il existe deux répartitions différentes du sang amené par la nourricière principale :

— la plus grande partie de ce sang passe dans les lacs sanguins drainés par la veine centro-médullaire et sert à la fonction hématopoïétique de la moelle osseuse ;

— l'autre partie, bien plus réduite, est transportée par les artérioles tangentes à la paroi du canal médullaire et se distribuerait au système haversien, assurant ainsi la « nourriture et l'évolution » du tissu osseux lui-même.

Le ralentissement de la circulation, nécessaire aux opérations d'hématopoïèse et aux échanges dans le tissu osseux est assuré de diverses manières :

— l'augmentation de la surface d'écoulement au niveau des dernières ramifications de l'artère nourricière favorise une diminution de pression.

— le trajet sinueux des vaisseaux médullaires « amortit » efficacement les à coups de la pression artérielle, les lacs sanguins jouent le rôle de véritables lits capillaires de stagnation ;

— les anneaux de cellules myo-fibrillaires des vaisseaux à ouverture variable interviennent certainement,

quoique leur action porte davantage sur l'ampleur du débit (Lamas, Amado et C. Da Costa).

Aux extrémités de l'os, la distribution des vaisseaux périostés permet d'avancer la même hypothèse. L'amortissement et le ralentissement du courant sanguin sont vraisemblablement assurés de la même manière grâce à la division des artères périostées et à leur trajet généralement flexueux avant de pénétrer la corticale.

D'une manière générale, cette question de la vascularisation osseuse a fait l'objet de nombreux travaux tant en médecine humaine qu'animale. Les études reposant sur l'observation et l'expérimentation, qu'elles soient anatomiques, physiologiques, histologiques, diffèrent souvent dans leurs conclusions. L'ensemble des théories et la richesse des faits colligés permettent de dégager une image plus précise de la vascularisation osseuse et de mieux comprendre son rôle dans les phénomènes physiologiques et pathologiques se rattachant à l'os et au système osseux en général.

Une revue critique s'annonce donc des plus souhaitables.

ETUDE CRITIQUE
SUR LA VASCULARISATION DE L'OS
ESSAI DE SYNTHÈSE

Les résultats obtenus montrent la richesse de l'apport vasculaire à l'os ; le schéma présenté par JOHNSON, demeure toujours valable ; le *système artériel de l'os* peut se diviser en trois parties :

— artères diaphysaires ou nourricières ;
— artères métaphysaires ;
— artères épiphysaires.

Nos données associées à celle de la littérature anatomique permettent d'en préciser les modalités.

a) Au nombre des artères diaphysaires, nous trouvons l'artère nourricière principale dont nous connaissons chez le Chien, l'origine, le trajet et le mode de division dans le tissu médullaire de la diaphyse. En outre, on peut parler de réseau périosté. En dehors des orifices vus plus haut qui livrent passage à des vaisseaux nourriciers principaux ou secondaires, aucun point de pénétration n'est macroscopiquement visible. En fait le réseau périosté donne de fins rameaux qui pénètrent la corticale et participent, selon DE MARNEFFE à la vascularisation de sa moitié externe. Ces branches perforantes, révélées sous le microscope, ont été très tôt observées par HUNTER (1772), WINSLOW (1776), BICHAT (1812), MASCAGNI (1819), COOPER (1823).

Dans les dernières décades leur étude a été reprise avec beaucoup de précision par de nombreux chercheurs (voir bibliographie) .

Tous confèrent une importance plus ou moins grande au rôle joué par cet apport dans la nutrition de l'os compact diaphysaire.

Le groupe des artères diaphysaires d'une manière générale, comprend donc : la nourricière principale, les nourricières secondaires plus ou moins inconstantes que nous avons signalées chez le Chien et un réseau périosté à branches perforantes microscopiques.

b) Le groupe des artères métaphysaires naît en grande partie du système périosté comme le fait remarquer Courbil. Elles proviennent également de cercles artériels péri-articulaires (Courbil, Depreux et collaborateurs, Müssbichler, Brookes). Ces artères traversent la corticale et se terminent, avec le réseau médullaire issu de la nourricière principale au voisinage de l'emplacement du cartilage de conjugaison (Brookes, fig. XI, 1, De Marneffe, fig. XIII et XIV).

c) Les artères épiphysaires, nous l'avons vu, comportent des branches perforantes qui, après un trajet périosté, pénètrent pour la plupart en bordure des cartilages articulaires. Quelques artères rentrent directement dans l'os au niveau des épiphyses (artère intercondylienne).

Selon De Marneffe et Brookes, ces « paquets vasculaires » se distribuent suivant un plan parallèle à celui de la métaphyse, en envoyant des collatérales vers cette zone et vers le cartilage articulaire (fig. XI, 4). Il semble en être de même chez le Chien.

En ce qui concerne le *réseau veineux*, les auteurs décrivent un drainage double : l'un normal, qui correspond au réseau artériel (fig. XI, 2), l'autre « profond » indépendant des artères, qui semble de plus grande importance (fig. XI, 8).

Alors que De Marneffe décrit simplement dans les épiphyses du fémur du Lapin et du Cobaye (fig. XIII), un réseau parallèle au réseau artériel, Brookes, chez le Rat, décrit en plus des sinus veineux irréguliers dans les épiphyses proximales et une veine transversale importante au niveau de l'épiphyse inférieure (fig. XI, 10).

⁂

Des trois divisions du système artériel de l'os, deux sont en jonction étroite au niveau de la zone métaphysaire et constituent le réseau médullaire. Par contre, entre ce dernier et les réseaux épiphysaires nous n'avons pu mettre en évidence de communication.

Cependant, tous les auteurs ne sont pas d'accord sur ce point ; si certains travaux anatomiques semblent soutenir la thèse de l'indépendance de ces deux réseaux, d'autres travaux expérimentaux tendent à prouver que la circulation du sang dans l'os long est un tout indissociable.

Ainsi pour CRETIN, « ... la circulation diaphyso–métaphysaire est indépendante de celle de l'épiphyse. L'absence d'anastomoses affirme la dualité d' « origine »...

Selon COURBIL (encore que TRUETA ait vu des anastomoses au microscope dans la zone de l'ancien cartilage de conjugaison), « ... si les anastomoses diaphyso-métaphysaires sont indiscutables... par contre, les anastomoses métaphyso-épiphysaires le sont beaucoup plus... Macroscopiquement, l'épiphyse se présente comme un système vasculaire autonome... La jonction vasculaire de l'épiphyse avec le reste de l'os se fait grâce au périoste. Ce sont des anastomoses externes... ».

DE MARNEFFE, par contre, laisse entendre que, chez l'adulte, il existe un passage entre les deux réseaux... « chez l'enfant, en effet, l'absence de communication entre les cavités médullaires épiphysaires et diaphysaire ne permet pas la suppléance vasculaire interne qui se produit chez l'adulte ».

Pour BROOKES, « quelques anastomoses semblent exister entre les systèmes diaphysaire et épiphysaires encore que cela ne puisse être démontré sans discussion par l'histologie ».

Les travaux de PRIVÈS et de ses collaborateurs qui expérimentent sur le Chien par marquage radio-actif (Fe 59 et P 32), viennent appuyer par contre l'idée émise par BECLARD dès 1852, à savoir que tous les apports sanguins à l'os communiquent entre eux.

Privès et ses collaborateurs montrent en effet, chez le Chien, que les artères terminales n'existent dans l'os que jusqu'à deux ans.

Ensuite, il apparaît des anastomoses même à travers le cartilage de conjugaison. Après la disparition de ce cartilage et à la fin du processus de synostose, les artères intra-osseuses de tous les secteurs de l'os rentrent en connexion les unes avec les autres de telle sorte que, lors de la fusion en os unique, le système artériel devient unique.

Par une opération chirurgicale, Privès supprime sur un os long (humérus, tibia ou fémur) l'un des trois apports sanguins. Ensuite, il injecte sous la peau, l'élément traceur et sacrifie l'animal vingt-quatre heures plus tard. L'os opéré est étudié grâce à des radiographies de contact et sa radioactivité est appréciée au compteur par rapport à l'os homologue pris comme témoin.

Privès précise alors : « la destruction d'une partie de l'apport sanguin de l'os entraîne une concentration moindre des isotopes, non seulement en ce point, mais dans tout l'os, ce qui correspond à une diminution de la vascularisation. Donc la vascularisation de l'os est un tout dont les différentes parties sont étroitement liées entre elles. La détection des isotopes dans les épiphyses dépourvues de toute source de vascularisation témoigne de la jonction vasculaire entre épiphyse et métaphyse à travers le cartilage de croissance (des chiots jeunes sont employés pour les expériences). La présence d'isotopes dans la diaphyse sans vascularisation plaide en faveur de l'existence de ponts vasculaires entre épiphyse et diaphyse, à travers la métaphyse. »

Les « anastomoses externes » décrites par Courbil ne nous semblent donc pas seules en cause puisque tout apport à la diaphyse a été supprimé dans ces expériences.

On sait par ailleurs que la croissance en longueur de l'os se fait par prolifération du cartilage de conjugaison qui, écrasé dans la virole périostique se mortifie sur ses faces où il est envahi par des vaisseaux en doigt de gant. A la disparition de ce cartilage la communication entre les vaisseaux des deux faces doit s'établir sous forme de

fins capillaires que les radiographies ne mettent pas en évidence. Par ailleurs, il y a continuité dans le tissu osseux en fin de croissance et on imagine mal une zone d'os dépourvue de tout canal de Havers. Ce sont ces derniers au moins qui assurent la continuité entre les réseaux médullaires et épiphysaires.

⁂

Un autre problème se pose pour lequel de nombreuses théories ont été émises : quelle est l'origine du sang qui circule dans les canaux de Havers et qui assure la vitalité de ce tissu osseux en perpétuel remaniement ?

Nos méthodes d'étude se sont avérées beaucoup trop grossières pour nous permettre d'aborder ce problème. Cependant, nous l'avons noté, un certain nombre de divisions fines de l'artère nourricière principale viennent se perdre au contact-même de l'endoste. Ces vaisseaux se distribuent-ils au tissu osseux ?

Déjà Béclard avait décrit : « Les vaisseaux sanguins des os... se distribuent en ceux qui se ramifient d'abord dans le périoste externe et qui pénètrent ensuite dans les petits trous (orifice externe des canalicules osseux) de la substance compacte ; en ceux qui pénètrent, sans se ramifier dans le canal médullaire, où ils se distribuent au tissu de ce nom, et s'engagent ensuite par la face interne dans la substance compacte où ils communiquent avec les précédents... »

Grégoire et Carrière (cités par De Marneffe) rejettent l'idée d'un apport périosté à la compacte diaphysaire et réfutent l'existence d'anastomoses entre ces vaisseaux et le réseau médullaire. Pour eux, il s'agit de deux réseaux indépendants.

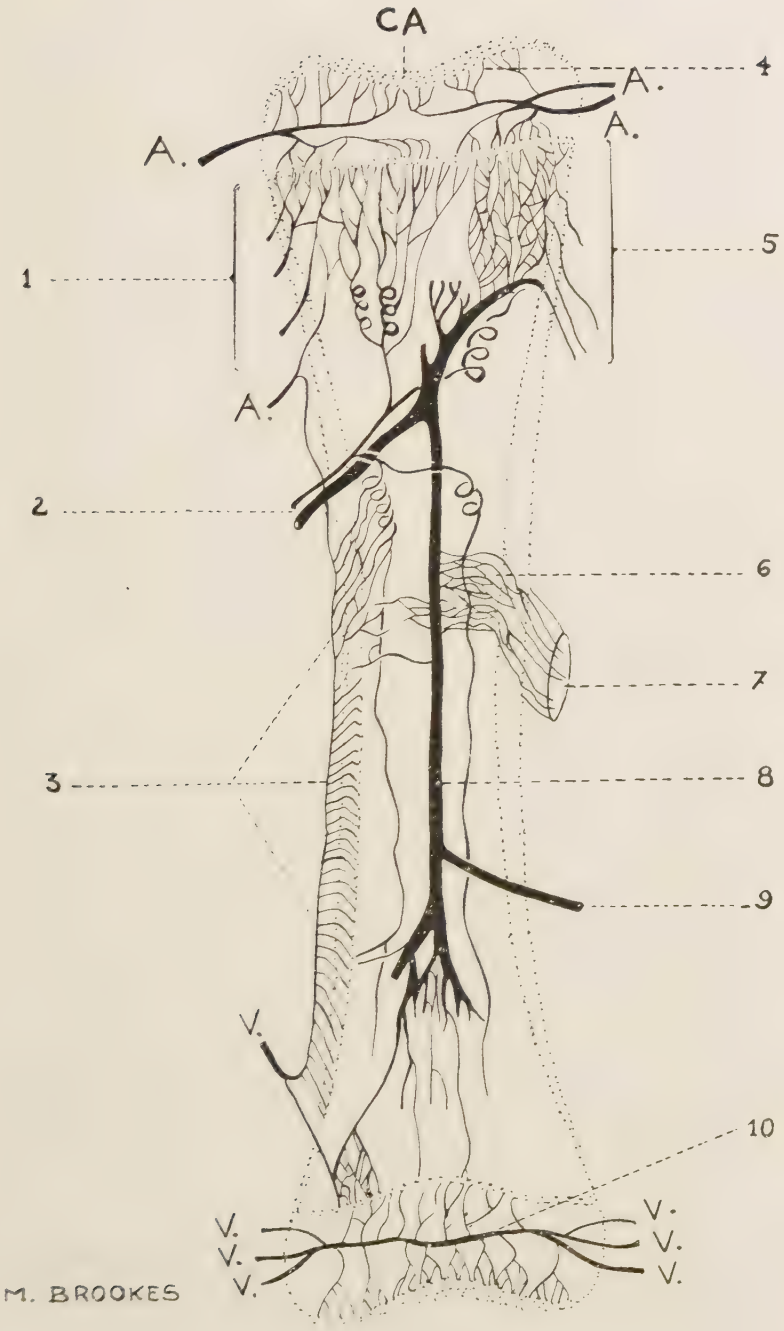
Selon Amado (cit. De Marneffe), la compacte diaphysaire reçoit des capillaires médullaires qui, sans pénétrer dans le périoste, retournent dans la cavité médullaire après avoir traversé les lames osseuses et s'être parfois divisés.

Fig. XI. — Diagramme de l'organisation vasculaire de l'os long chez le Rat (section longitudinale)

A - Artère.
V - Veine.
CA - Cartilage articulaire.

1 - Artères métaphysaires et branches terminales du système artériel médullaire.
2 - Artère et veine nourricière principales.
3 - Capillaires du périoste, en continuité avec les capillaires corticaux.
4 - Branches artérielles terminales épiphysaires.
5 - Sinusoïdes veineux et veines métaphysaires.
6 - Sinusoïdes médullaires.
7 - Capillaires interfasciculaires du muscle.
8 - Collecteur veineux central.
9 - Grosse veine émissaire.
10 - Collecteur veineux transverse épiphysaire.

(d'après M. Brookes, 1958,
avec son aimable autorisation.)


CA
A.
A.
A.
A.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
V.
V.
V.
V.
V.
V.
M. BROOKES

Un autre point de vue est avancé par De Marneffe lui-même : ... « La compacte est irriguée par un vaste réseau capillaire ; celui-ci est en continuité parfaite, d'une part avec le réseau périosté et d'autre part avec le réseau capillaire de la moelle osseuse... Si l'on examine l'importance de ces deux systèmes, on constate qu'elle varie aux divers niveaux de la diaphyse. » Ainsi cet auteur montre que dans la partie proximale, l'apport périosté est pratiquement nul et que le sang provient du réseau médullaire; en partie moyenne les deux réseaux interviennent de manière à peu près semblable tandis qu'en partie distale l'apport médullaire disparaît au profit de l'apport périosté.

Expérimentalement, par destruction des apports vasculaires à l'os et examen des lésions obtenues, De Marneffe montre que « ces expériences mettent l'accent sur l'importance de l'apport vasculaire périosté pour assurer l'intégrité du tissu osseux compact de la diaphyse. Au contraire, les artères nourricières diaphysaires desservent uniquement le réseau capillaire de la moelle osseuse. Elles n'interviennent que très peu dans l'irrigation de la compacte diaphysaire ».

Tous ces faits sont illustrés par les fig. XIII et XIV.

Brookes, dans ses travaux sur les os du Rat, arrive à des conclusions sensiblement différentes.

« Les trabécules osseuses de l'endoste forment des « baies » logeant les sinusoïdes de la moelle qui communiquent avec les vaisseaux de la corticale. Les fins vaisseaux qui passent de la compacte dans la couche sous-périostée sont identiques, en apparence, avec ceux de la zone corticale médiane et avec ceux de la zone de l'endoste qui sont en continuité avec les espaces médullaires »... Brookes décrit ensuite ces vaisseaux de la corticale qui ont un trajet oblique de la zone médullaire à la surface de la diaphyse et s'anastomosent avec les capillaires provenant du périoste et les capillaires interfasciculaires des muscles (fig. XI, 3 et 7).

A partir de ces observations, Brookes émet une hypothèse : le réseau d'apport le plus important pour le cortex diaphysaire n'est pas le réseau périosté, comme le pense De Marneffe, mais le réseau médullaire... « du fait qu'il n'y a qu'un seul treillis vasculaire dans le cortex, il est

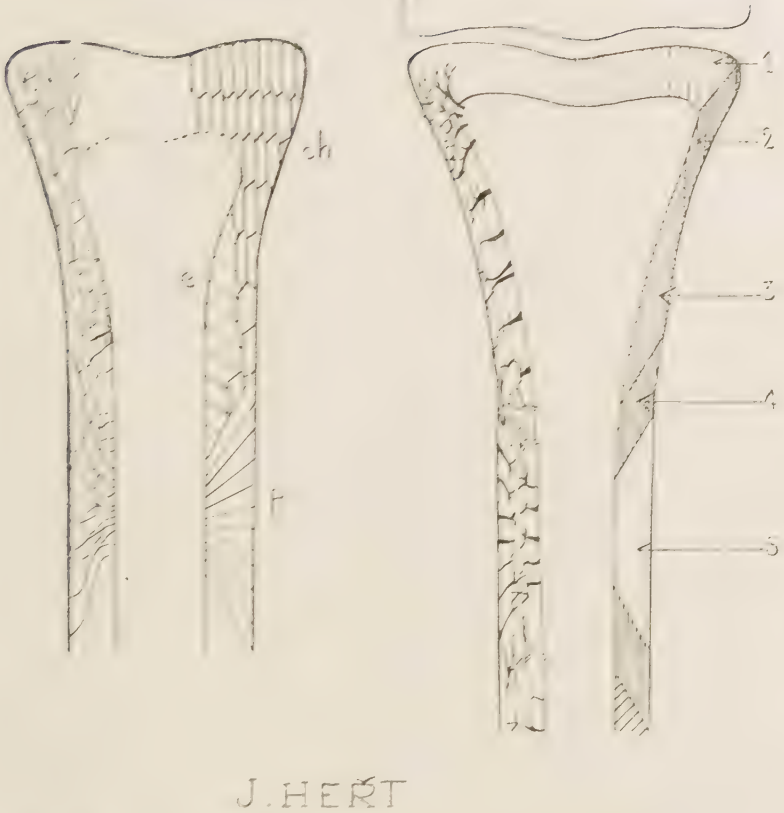


Fig. XII. — A gauche, schéma général de l'agencement du réseau vasculaire dans l'os primaire préhaversien
Coupe frontale d'un tibia de Rat (J. Hert)

La compacte résulte de l'association de trois parties :
os enchondral (ch), os périostique (p), os endostal (e)
Chaque partie se caractérise par un réseau vasculaire d'orientation propre.

A droite, schéma de la vascularisation de l'os compact primaire du tibia du Lapin (J. Hert).
La moitié droite de la figure représente les trois composantes de l'os compact.
3 - os endostal.
4 - os enchondral haversien secondaire.
5 - os périostique.
En 1, os enchondral spongieux, en 2, os enchondral compact.
La moitié gauche, montre la participation des vaisseaux périostiques et des vaisseaux médullaires dans la vascularisation de la compacte
Des vaisseaux haversiens secondaires pénetrent l'os enchondral à partir du canal médullaire.

(D'apres J. Hert, 1961, avec son aimable autorisation.)

difficile de voir comment le sang provenant du périoste peut passer de manière centripète en rencontrant le sang qui, venant de la moelle, passe à l' « extérieur ». A l'appui de cette idée, l'auteur cite les faits suivants : « Les artères périostées dont la fonction présumée semble être nourricière du périoste, sont peu nombreuses tandis que les terminales médullaires au niveau de l'endoste sont nombreuses (Lamas, Amado et C. Da Costa » — « Quand Hyrtl injectait le tibia humain par le système périosté seul, l'injection ne parvenait pas à la moelle... Johnson, chez le Chien, n'arrive pas à colorer le cortex diaphysaire en injectant de l'encre de Chine à travers le seul système périosté... Une observation de grande valeur s'ajoute ici, celle de Lamas, Amado et Da Costa (1946) qui injectaient in vivo une teinture et constataient qu'une coloration faible de la corticale apparaissait lentement mais jamais sur sa face externe. Il apparaît donc plausible que la vascularisation de l'os compact provient du réseau médullaire et non du réseau périosté.

*
* *

Théoriquement donc, la divergence de vue apparaît totale ou presque entre De Marneffe et Brookes, en particulier en ce qui concerne l'importance relative des réseaux médullaire et périosté pour assurer la vitalité de l'os compact.

Pratiquement, l'observation clinique n'autorise pas un tel dogmatisme.

C'est ainsi que l'évolution des fractures des os longs permet de rectifier cette position. Dans le cas d'une fracture traitée par ostéosynthèse, l'évolution vers la réparation totale est plus lente que pour une fracture simple traitée par contention après réduction externe. Ce fait vient à l'appui de la thèse de Brookes ; en effet le passage de la broche ou du clou lèse obligatoirement le réseau médullaire (le plus important selon cet auteur). Malgré tout, la réparation se produit dans un délai qui n'est pas très long. Il faut donc admettre que le sang continue à parvenir correctement au tissu osseux, assurant ainsi les remaniements qui conditionnent la réparation. Il devient

alors difficile de rejeter totalement l'influence de l'apport périosté dans la vascularisation corticale. L'expérience clinique montre en outre l'intérêt qu'il y a à respecter le plus possible les insertions musculaires voisines de la fracture, donc les capillaires fasciculés dont parle BROOKES (fig. XI, 7) dans les interventions sanglantes sur l'os.

En définitive, il est permis d'admettre que, si l'os reçoit en grande partie son sang du réseau médullaire ou du réseau périosté, sa vitalité est assurée en fait par de multiples apports qui n'interviennent peut-être qu'en cas de besoin (fractures).

Expérimentalement, HERT et ses collaborateurs en lésant tel ou tel vaisseau périostique ou médullaire confirment histologiquement cette vue et définissent une dynamique vasculaire de l'os en transformation (fig. XII).

Enfin, PRIVÈS et son équipe, suivant un autre protocole de recherche, nous l'avons vu, mettent en lumière *l'interdépendance vasculaire de toutes les parties de l'os.*

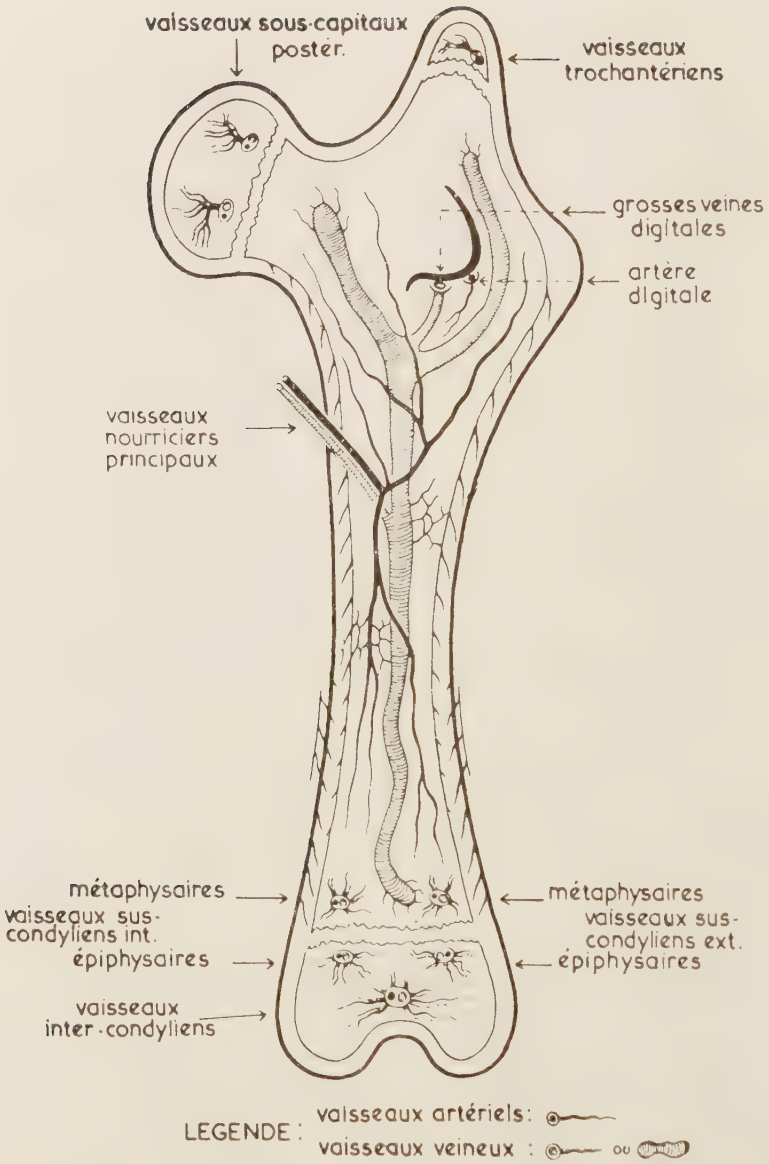


Fig. XIII. — Fémur de Lapin

Schéma indiquant les orifices d'entrée des paquets vasculo-nerveux (trou nourricier principal, orifices trochantériens antérieur et sous-capitaux, orifices épiphysaires inférieurs, métaphysaires ; la ramification des systèmes artériels diaphysaires et épiphysaires ; le réseau capillaire-médullaire en rapport avec les capillaires intra-corticaux ; les capillaires périostes ; la participation des systèmes capillaires médullaire et periosté dans l'irrigation de la corticale aux différents niveaux ; enfin, le système veineux de retour avec ses orifices de sortie (cavité digitale et trou nourricier).

(D'après R De Marneffe, 1953, avec son aimable autorisation.)

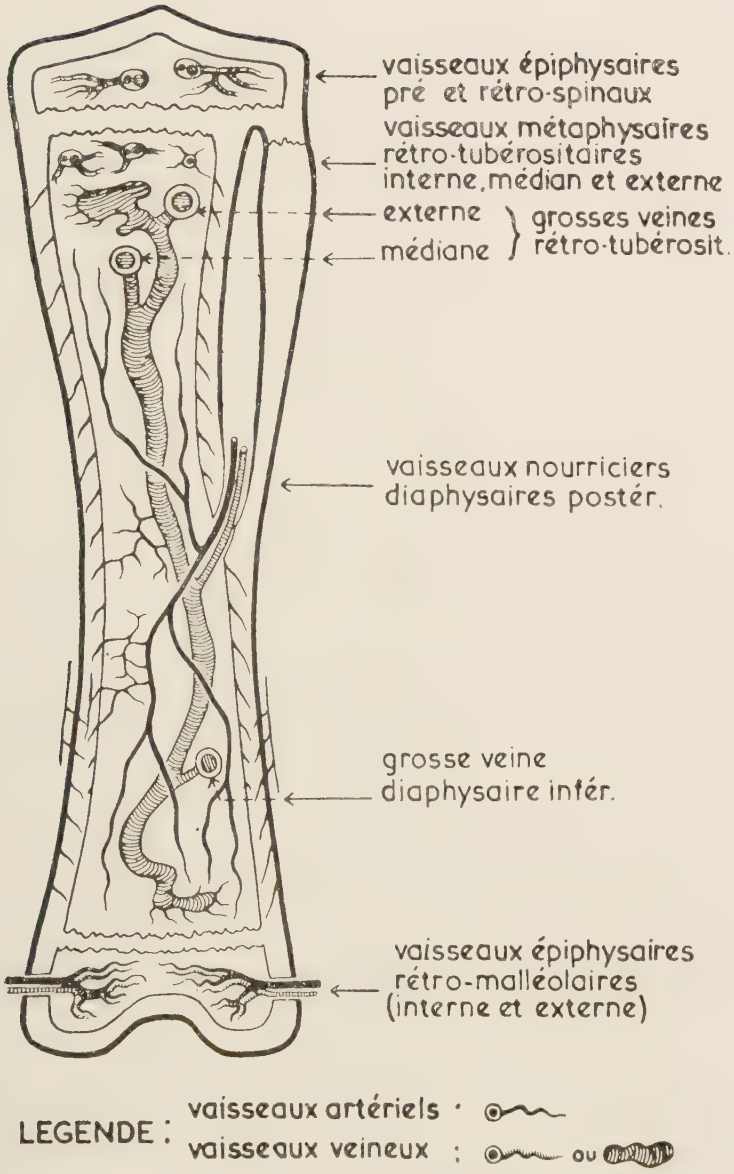


Fig. XIV. — Tibia de Lapin

Schéma indiquant les orifices d'entrée des paquets vasculo-nerveux (trou nourricier diaphysaire, orifices épiphysaires supérieurs et inférieur métaphysaires) ; la ramification en rapport avec les capillaires intracorticaux ; les capillaires périostés ; la participation des systèmes capillaires médullaire et périosté dans l'irrigation de la corticale aux divers niveaux ; enfin, le système veineux de retour avec ses orifices de sortie (diaphysaire inférieur, nourricier et rétro-tubérositaires externe et médian).

Le paquet vasculo-nerveux diaphysaire antérieur n'a pas été représenté sur le schéma.

(D'après R. De Marneffe, 1953, avec son aimable autorisation.)

RÉSUMÉ

Ce travail sur la vascularisation du fémur du Chien repose sur l'étude de pièces sèches (85 fémurs), l'interprétation de radiographies de la cuisse et de l'os isolé, de dissections minutieuses des vaisseaux qui parviennent à l'os.

Une topographie précise des orifices vasculaires du fémur a été établie selon la méthode de HERT ; le ou les canaux nourriciers principaux ont été étudiés dans leur position, leur trajet, leur orientation.

Un examen préalable de la vascularisation de la cuisse nous a permis de définir l'apport vasculaire de l'os; celui-ci est assuré essentiellement par une artère nourricière principale qui naît de l'artère circonflexe fémorale interne ; d'une manière inconstante, par une artère nourricière antérieure émanée de la circonflexe fémorale externe ; de branches provenant de la poplitée et de la fémoro-poplitée.

Par ailleurs, de nombreuses artères innominées pénètrent dans l'os le plus souvent après un trajet périosté, vers les extrémités.

Dans l'os, le sang a une circulation très lente ce qui s'explique bien, vu le parcours sinueux des vaisseaux, l'abondance de leurs ramifications, l'existence de lacs sanguins.

La majeure partie du sang passe dans ces lacs où est assurée la fonction hématopoiétique ; l'autre partie est employée pour l'irrigation de la corticale.

Les données acquises associées à celles de la littérature anatomique permettent, malgré les divergences exprimées par certains auteurs, de montrer que la vascularisation de l'os est un tout, à sources multiples ; cette unité assure au sein du tissu osseux une continuité de l'apport sanguin, même dans le cas où l'une de ces sources est détruite.

Vu : *Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire, rapporteur :*

BLIN.

Vu : *Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire :*

P. PONS.

Vu : Le Président de la Thèse :

LAZORTHES.

Vu : *Le Doyen :*

LAZORTHES.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 30 janvier 1962

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université :

DOTTIN

BIBLIOGRAPHIE

ANDRÉEV (P. P.). — Radiographies vasculaires de l'os dans l'ouvrage « Veterinarnyï entsiklopéditch'eskiï slovar' » (Dictionnaire encyclopédique vétérinaire), tome II, éditions agricoles de l'Etat, Moscou, 1951, 696 p., p. 288 bis.

ANTIPTCHOUK (Iou. P.). — Arterial'noé rouslo oblasti loktévogo soustava ou domachnikh mlékopitaiouchtchikh (Vascularisation de l'articulation du coude chez les Mammifères domestiques). *Troudy Kievskogo veterinarnogo institouta* (Travaux de l'Institut Vétérinaire de Kiev). 1955, *12*, 134-147.

BECLARD (P. A.). — Eléments d'anatomie générale ou Systèmes organiques qui composent le corps humain. 3e édition revue et augmentée, Labé éditeur, Paris, 1852, 676 p. (435-487 : « De l'os »).

BENTZIK (M.) and NAGY (S.). — Contribution to the blood supply of tubular bones in experimental animals. *Acta morphologica.* Budapest, 1951, 1/2, 262.

BERARD (A.). — Mémoire sur le rapport qui existe entre la direction des conduits nourriciers des os longs et l'ordre suivant lequel les épiphyses se soudent au corps de l'os. *Archives générales de Médecine,* 1835, 2e série, *7*, 176-183.

BERTRAND (P.). — Notes sur la vascularisation des épiphyses chez le fœtus. *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes,* 18e réunion, Lyon, 1923, 89-94.

BOURDELLE (E) et BRESSOU (C). — Anatomie régionale des animaux domestiques, tome IV. *Carnivores, Chien et Chat,* J. B. Baillière et Fils, Paris, 1953, *502* p., 254-255.

BRODOVSKAIA (Z. I.). — Sravnitélnyé dannyé o vaskoularizatsii kostnogo mozga (Données comparatives sur la vascularisation de la moelle osseuse). *Troudy Krymskogo meditsinskogo institouta* (Travaux de l'Institut de Médecine de Crimée), 1958, 20, 50-56.

BROOKES (M.). — The vascular architecture of tubular bone in the rat. *The Anatomical Record,* 1958, 132, n° 1, 25-47, 26 ill., 3 plates.

BROOKES (M.). — The vascularization of long bones in the human fœtus. *Journal of Anatomy,* 1958, *92*, 261-267.

BROOKES (M.). — The vascular reaction of tubular bone to ischaemia in peripheral occlusive vascular disease. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1960, *42 B*, 1, 110-125.

Brookes (M.). and Harrison (R. G.). — The vascularization of the rabbit femur and tibiofibula. *Journal of Anatomy*, 1957, *91*. 61-72, 2 pl.

Charnock Bradley (O.). — A guide to the dissection of dog. W. Green and son, Edinburgh and London, 1919, 241 p., 69 fig., 123-124.

Charnock Bradley (O). — Topographical Anatomy of dog., 2-nd édition, Oliver and Boyd (Edinburgh and London), 1927, 268 p., 80 fig., 132-133.

Chauveau (A). — Traité d'Anatomie comparée des animaux domestiques. 4e édition revue et augmentée, avec Arloing, J. B. Baillière et fils, Paris, 1890, 1064 p., 455 fig.

Cohen (L.). — Methods of investigating the vascular architecture of the mandible. *Journal of dental research*, 1959, *38*, 5, 920-931.

Cohen (L). — Venous drainage of the mandible. *Oral Surgery, Oral Medecine and Oral Pathology*, 1959, *12*, 1447-1449.

Cohen (L.). — Further studies into the vascular architecture of the mandible. *Journal of dental research*, 1960, *39*, 936-946.

Courbil (J. L.). — Recherches sur les artères périostées des os longs du membre inférieur. Thèse de Doctorat en Médecine, Marseille, Imprimerie Schneider, Marseille, 1954, n° 109, 61 p., 5 rad.

Cretin (A). — Parallèle entre les éléments anatomiques normaux et pathologiques de la maladie rhumatismale. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1952, *235*, 1447-1448.

Currey (J. D.). — Differences in the blood-supply of bone of different histological types. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 1960, *101*, 3, 351-370.

Dempster (W. T.) and Enlow (D. H.). — Patterns of vascular channels in the cortex of the human mandible. *The Anatomical Record*, 1959, *135*, n° 3, 189-205.

Depreux (R), Fontaine (M.), Descamps (Cl.), Minne (J.) et Guiot (Y). — Vascularisation osseuse. *Travaux de l'Institut d'Anatomie de Lille*, 1947-1954, Imprimerie G. Sautai et fils, Lille, 1955, 167-184.

Dezzani (D.) e De Lutio (O.). — La vascularizzazione delle ossa ed suo comportamento durante lo sviluppo dal feto all'adulto. *Archivio di Ortopodia*, Milano, 1956, *69*, 6.

Digby (K. H.). — The measurement of diaphysal growth in proximal and distal directions. *Journal of Anatomy*, London, 1916, *50*, 187-188.

Ecoiffie (J.), Prot (D.), Griffie (R.) et Catach (D.). — Etude du réseau veineux dans les os longs du lapin. *Semaine des Hôpitaux, Pathologie et Biologie, Archives d'Anatomie* 1957, 33, n° 1, P.B. 217-P.B. 223.

Ellenberger (W.) et Baum (H.). — Anatomie descriptive et topographique du Chien. Traduction Deniker, C. Reinwald et Cie, Paris, 1894, 646 p., 208 fig., xxxvii pl. 399-401.

FADYEAN'S (Mac.). — Osteology and arthrology of the domesticated animals, 4 th Edition. Baillière, Tindall and Cox, London, 1953, 288 p., 166-167.

FITZGERALD (T. C.). — Blood supply of the head of the canine femur. *Veterinary Medecine,* 1961, *56,* 9, 389-394.

GÖTHMAN (L.). — The arterial pattern of the rabbit's tibia after the application of an intramedullary nail. *Acta Chirurgica Scandinavica,* 1960, *120,* 2/3, 211-219.

GUILLAND (G). — Recherches sur les artères périostées des os longs du membre supérieur. Thèse de Doctorat en Médecine, Marseille, Imprimerie Schneider, Marseille, 1953, n° 90, 58 p., 14 fig., 6 pl.

HAINES (R. W.). — Cartilages canals. *Journal of Anatomy,* 1933-1934, LXVIII, 45-64.

HARRISON (R.). — Microradiology of the blood supply of long bones. Proceedings of the Anatomical Society of Great Britain. *Journal of Anatomy,* 1956, *90,* 4.

HEŘT (J.). — Lokalisace foramen nutricium na dlouhých kostech dospělého člověka (Localisation des trous nourriciers des os longs de l'Homme adulte). *Československá Morfologie,* 1957, v, 2, 94-109.

HEŘT (J.). — Architektonika cév diafysy a růst dlouhé kosti do délky (Architectonique des vaisseaux diaphysaires et de la croissance en longueur des os longs. *Acta Universitatis Carolinae-Medica* 1959, suppl. 9,37-45

HEŘT (J.). — Primární architektonika cév v kompaktě diafysy dlouhých kostí (Architectonique primaire des vaisseaux de la substance compacte de la diaphyse des os longs). *Československá Morfologie* 1960, VIII, 2, 89-102.

HEŘT (J.). — The growth of periosteum and bone marrow in long bones. Experimental study on the tibia of the rabbit. *Československá Morfologie,* 1960, VIII, 3, 238-250.

HEŘT (J.). und HLADÍKOVÁ (J.). — Die Gefässversorgung des Haversschen Knochens. *Acta Anatomica,* 1961, *45,* 4, 344-361.

HEŘT (J.). a NOVÁK (V.). Lokalisace foramen nutricium na metakarpech,, metatarsech a falangách (Localisation des trous nourriciers des métacarpiens, des métatarsiens et des phalanges). *Československá Morfologie,* 1957, *V,* 2, 151-166.

HUGHES (H.).. — The factors determining the direction of the canal for the nutrient artery in the long bones of mammals and birds. *Acta Anatomica,* 1952, *15,* 3, 261-280.

JAFFE (H. L.). — The vessels canals in normal and pathological bone. *The American Journal of Pathology,* 1929, *5,* 323-332.

JOHNSON (R.W.)). — A physiological study of the blood supply of the diaphysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1927, *9,* 153-184.

JUDET (J.), JUDET (R.), LAGRANGE (J.) et DUNOYER (J.). — A study of the arterial vascularization of the femoral neck in the adult. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1955, 37 A/4, 663-680.

Kleïnman (D. L.). — Arterii kosteï zapiast'ia (Les artères des os du carpe). *Véstnik rentguenologuii i radiologuii.* Medguiz, 1956, *2,* 47-54.

Klimov (A. F.) i Akaévskii (A. I.). — Anatomiia domachnikh jivotnykh (Anatomie des animaux domestiques), tome 2, Editions Agricoles de l'Etat. Moscou, 1951, 464 p., 289 fig., 145-146.

Konoplev (A. I.). — Vaskouliarizatsiia plétchévoï i bedrennoï kosteï svini (Vascularisation de l'humérus et du fémur du porc). *Sbornik troudov Khar'kovskogo veterinarnogo institouta* (Recueil de travaux de l'Institut Vétérinaire de Kharkov), 1958, *23,* 53-57.

Lacroix (P.). — L'organisation des os. Editions Masson Paris, Editions Desoer, Liège, 1951, 230 p., 87 fig., 73-79.

Lacroix (P.). — La disposition du canal de l'artère nourricière dans les os longs. *Archives de Biologie,* 1948, *59,* 391-403.

Laing (P. G.). — The arterial supply of the adult humerus. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1956, *38 A,* 5, 1105-1116.

Laing (P. G.). — The blood supply of the bones of the forearm and hand. *The Surgical Clinics of North America* 1960, *40,* 2, 311-320.

Lamas (A.), Amado (D.), Celestino da Costa (J.). — La circulation du sang dans l'os. *La Presse Médicale,* 1946, 54, n° 63, 862-863.

Lester (J.). — Intraosseous venography with special reference to its complications. *British Journal of Radiology,* 1957, *30,* 145-147.

Lewis (O J.). — The blood supply of developing long bones with special reference to the metaphysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1956, *38 B,* 928-933.

Liskova (M.) i Hert (J.). — Cévní zásobení primární kompaktní kosti u tibie králíká (Vascularisation de l'os primaire compact du tibia du Lapin). *Ceskoslovenská Morphologie,* 1961, *IX,* 4, 364-379, 7 pl.

Lütken (P.). — Investigation into the position of the nutrient foramina and the direction of the vessel canals in the shafts of the humerus and femur in man. *Acta Anatomica,* 1950, 2, 57-68.

Marneffe (R. de). — A propos de la vascularisation des vertèbres caudales du Rat. *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie,* 1948, *CXLII,* 1093-1095.

Marneffe (R. de). — Recherches morphologiques et expérimentales sur la vascularisation osseuse. *Acta Chirurgica Belgica,* 1951, *50,* 469-488, 568-599, 681-704.

Manerffe (R. de). — A propos de la vascularisation des os longs. *Revue de Chirurgie orthopédique,* 1952, *38,* n° 1, 64-69.

Marneffe (R. de). — Données actuelles concernant la vascularisation osseuse dans la maladie de Paget. *Acta cardiologica,* 1953, *VIII,* n° 2, 181-188.

Marneffe (R. de). — Les connaissances actuelles de la vascularisation des os et leur incidence sur la pathologie de ce tissu. *Revue du Rhumatisme,* 1953, *20,* n° 2, 238-239.

Marneffe (R. de). — Production expérimentale d'ostéoporose et d'ostéite fibreuse chez le lapin. *Acta Chirurgica Belgica et Acta Orthopaedica Belgica* 1956, suppl. 1, 194-197.

MARTIN (P.). — Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. IV. Band., 2 : vollständig umgearbeitete Auflage, Verlag von Schickhardt und Ebner (Konrad Wittwer) Stuttgart, 1923, 416 S., 257 Abb., 250-251.

MONTIS (S.) e RIDOLA (C.). — Vascolarizzazione del calcagno. *Quaderni di anatomia pratica,* 1959, *XV,* 3-4, 565-573.

MONTIS (S) e RIDOLA (C). — Vascolarizzazione dell'astragalo. — *Quaderni di anatomia pratica,* 1959, XV, 3-4, 574-580.

MORGAN (J.D.). — Blood supply of growing rabbit's tibia. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1959, 41 B, 185-203.

MÜSSBICHLER (H.). — Arterial supply to the head of the femur. *Acta Radiologica,* 1956, *46,* 3, 533-546.

NELSON (G. E.), KELLY (P. J.), PETERSON (L. F. A.) and JANES (J. M.). — Blood supply of the human tibia. *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1960, *42 A,* 4, 625-636.

NOVÁK (V.). — Úprava cév v periostu dlouhých kostí novorozence (Disposition des vaisseaux dans le périoste des os longs des nouveaux-nés). *Československá Morfologie,* 1959, 7, n° 4, 353-362.

OLLIER (L). — Recherches expérimentales sur le mode d'accroissement des os. *Archives de Physiologie normale,* 1873, V, 5-42.

PAGANO (G.) et NAVA (G. A.). — Contributo allo studio della circolazione nelle ossa lunghe (Nota preliminare di tecnica). *Veterinaria,* 1959, *VIII,* 4, 155-156; 1959, *VIII,* 5, 195-199.

PALMIERI (G. G.). — Problemi di anatomia radiologica. *Monitore Zoologico Italiano.* Firenze, 1948, 56/Supp., 32-38.

PAYTON (C. G.) — The growth of the epiphyses of the long bones in the madder-fed pig. *Journal of Anatomy,* 1932-1933, 67, 371-381.

PAYTON (C.G.). — The position of the nutrient foramen and direction of the nutrient canal in the long bones of the madder-fed pig. *Journal of Anatomy,* 1932-1933, *68,* 500-510.

PEZZOLI (G). e COPPINI (L.). — Le arterie delle ossa grandi sesamoidee negli Equini. *Atti della Società Italiana delle Scienze Veterinarie,* 1958, 12, 194-199.

PRIVÈS (M. G.). FUNSTEIN (L. V.), CHTCHERBAN' (E. I.) i CHICHOVA (V. G.). — Znatchénié métoda métchenykh atomov dlia isslédovaniia arterial'noï sistemy kosti v èksperimenté na jivom (Valeur de la méthode du marquage radioactif dans l'étude du système artériel de l'os, dans les conditions expérimentales et sur le vivant). *Arkhiv anatomii, guistologuii i embriologuii.* Moscou-Léningrad, 1959, *37,* 11, 56-64.

PRIVÈS (M. G.) i LIKHATCHEVA (N. B.). — Arterii i vény kosteï (Artères et veines des os). *Véstnik khirourguii,* 1955, *5,* 8-15.

PRJEZDETSKAIA (I. K). — Vény kosteï stopy tchélovéka (Veines des os du pied chez l'Homme). *Arkhiv anatomii, guistologuii i embriologuii,* 1960, *38,* 2, 52-60.

ROMODANOVSKIÏ (A. V.). — Préparation de l'appareil vasculaire osseux par corrosion. *Arkhiv anatomii, guistologuii i embriologuii.* Moscou-Léningrad, 1959, *6,* 90-91.

ROSSO (G.). — Metodo di dimostrazione dei vasi sanguigni nell'osso. *Médicina esperimentale.* Torino, 1948, *20,* 379-382.

Ruth (F. B.). — Gross demonstration of the vascular channels in bone. *Anatomical Record,* 1947, 98, 59-66.

Rutishauser (E.). — Problème de la vascularisation osseuse. *Journées Françaises d'Orthopédie,* mai 1952.

Rutishauser (E.). Rouiller (C.) et Veyrat (R.). — La Vascularisation de l'os; état actuel de nos connaissances. *Archivio « Putti »,* Firenze 1954, *5,* 9-40.

Schwalbe (G.). — Uber die Ernährungskanale der Knochen und das Knochenwachstum. *Zeitschrift für Anatomie und Enwicklungsgeschichte,* 1876, *1,* 307/352.

Shulman (S. S.). — Observations on the nutrient foramina of the human radius and ulna. *The Anatomical Record,* 1959, *134,* n° 4, 685-697.

Steinbach (H. L.), Jergensen (F.), Gilfillan (R. S.) et Petrakis (N L.). — Osseous phlebography. *Surgery, Gynecology and Obstetrics.* Chicago, 1957, *104,* 2, 215-226.

Terentiev (G. V.). — Znatchénié krovosnabjeniia cheïki i golovki bedra pri medial'nykh pérélomakh eë (Importance de la vascularisation du col et de la tête du fémur, fracturé en dedans). Sbornik naoutchnykh rabot' posviachtchennykh 100. létiiou Gor. klinitch. bol'nitsy im. N. V. Soloviéva (Iaroslavsk.gor.otd.zdravookhr.). 1959, 279-284.

Tilling (G.). — The vascular anatomy of long bones. A radiological and histological study. *Acta radiologica.* Stockholm, 1958, Suppl. 161.

Tourreilles (J. F. C.). — Contribution à l'étude de la vascularisation de l'humérus du Chien. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 1962 (sous presse).

Trofimoff (S. M.) — Materialy k outchéniiou ob arteriiakh péredníkh konetchnosteï nachikh domachnikh mlékopitaiouchtchikh jivotnykh (Contribution à l'étude des artères du membre antérieur des Mammifères domestiques). *Sbornik troudov Kharkovskago veterinarnago institouta* (*Comptes rendus de l'Institut Vétérinaire de Kharkow*), 1896-1898, *V* 21-233. 22 fig., 13 pl., 42-52 et 139-161.

Trueta (J.). — The vascular contribution to osteogenesis. I. Studies by the injection method (Trueta J. and Morgan J. D.) II. Studies with the electron microscope (Trueta J. and Little K.). III. Changes in the growth cartilage caused by experimentally induced ischaemia (Trueta J. and Amato V. P.). *The Journal of Bone and Joint Surgery,* 1960, 42 B, n° 1, 97-109 - 1960, 42 B, n° 2, 367-376 - 1960, 42 B, n° 3, 571-587.

Trueta (J.). — Veterinary surgery and orthopædics. *The Veterinary Record,* 1961, 73, 48, 1282-1283, 14 fig.

Von Schowingen (R. S.). — Intra-osseous venography. *Cleveland clinic quart.* 1956, *23,* 155-157.

Vsevolodov (G. F.). — Vény kompaktnogo véchtchestva dlinnykh troubtchatykh konétchnosteï tchélovéka (Les veines de la substance compacte des os longs des membres chez l'Homme). *Arkhiv anatomii, guistologuii i embriologuii* Moscou-Léningrad, 1959, *37,* n° 7, 60-65.

TABLE DES MATIÈRES

A. — TEXTE

Introduction 7

— Protocole d'étude : matériel et méthodes . . 9

— Les orifices vasculaires du fémur 13

— La vascularisation artérielle de la région crurale 25

— Le système vasculaire nourricier du fémur : trajet extra-osseux 33

— Le système vasculaire nourricier du fémur : trajet intra-osseux 39

— Mise en place d'un schéma général de la vascularisation du fémur 47

— Etude critique sur la vascularisation de l'os, essai de synthèse 51

Résumé 65

B. — ILLUSTRATION

Fig. I. Fréquence de position du trou nourricier principal du fémur du Chien . . 15

Graphiques de fréquence de la valeur de l'angle formé par le canal nourricier principal et le plan diaphysaire 16

Fig. II. Deux aspects du canal nourricier principal du fémur du Chien 19

Fig. III. Fréquence de distribution des orifices secondaires et tertiaires du fémur du Chien 21

Fig. IV. Radiographie de la région crurale du Chien 26

Fig. V. Décalque de la radiographie précédente 27

Fig. VI. Artère (s) nourricière (s) principale (s) et artère nourricière antérieure du fémur du Chien 34

Fig. VII. Artères nourricières de l'extrémité inférieure du fémur du Chien 36

Fig. VIII. Le système artériel diaphysaire 40

Fig. IX. Les lacs sanguins intramédullaires . . 43

Fig. X. Trajet intraosseux de l'artère épiphysaire inférieure ou intercondylienne 45

Fig. XI. Diagramme de l'organisation vasculaire de l'os long chez le Rat (d'après (M. Brookes) 57

Fig. XII. Schéma général de l'agencement du réseau vasculaire dans l'os primaire préhaversien. Coupe frontale d'un tibia de Rat 59

— Schéma de la vascularisation de l'os compact primaire du tibia du Lapin (d'après J. Hert).

Fig. XIII. Schéma de la vascularisation du fémur du Lapin (d'après R. de Marneffe). 62

Fig. XIV. Schéma de la vascularisation du tibia du Lapin (d'après R. de Marneffe). 63